

# BACHELORTHESIS

## Tieftonkompression? Ja! Wo sollen Grenzfrequenzen sinnvoll gesetzt werden, damit das Sprachverstehen positiv beeinflusst werden kann

Tieftonkompression und Grenzfrequenzen für die Versorgung mit Hörsystemen  
von hochgradig schwerhörigen Schulkindern und Jugendlichen

Eingereicht von

„Klaudia Pretki“

Studiengang Augenoptik/Hörakustik AH 8

Matrikelnummer:29131

Erstgutachter:

Prof. Dr. Annette Limberger

Zweitgutachter:

Christiane Schubert

28. September 2015

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
2.1	Ziel der Arbeit . . . . .	3
2.2	Hörverluste . . . . .	5
2.3	Einstellung der Grenzfrequenzen . . . . .	6
2.4	Teilnehmerinnen \ Teilnehmer und Methoden . . . . .	7
2.4.1	Ablauf der Studie . . . . .	7
2.5	Messablauf . . . . .	9
2.5.1	Audiometer . . . . .	9
2.5.2	Tonaudiometrie . . . . .	10
2.5.3	Tonaudiometrie im Freifeld (Aufblähkurve) . . . . .	10
2.5.4	Oldenburger Kindersatztest (OlKiSa) . . . . .	10
2.5.5	Fragebögen . . . . .	11
2.5.6	Messbox . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>14</b>
3.1	Technische Grundlagen eines Hörsystems . . . . .	14
3.1.1	DSLv5a (Desired Sensation Level) . . . . .	14
3.1.2	Kompression, Kompressionsverhältnis (CV) und die Verhaltensweise der Kompressions in einem Hörsystem . . . . .	15
3.2	Sensorineuraler Hörverlust . . . . .	17
3.3	Sprachverstehen . . . . .	18
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>20</b>
4.1	Ergebnisse Einstellung 1 . . . . .	21
4.1.1	Tonaudiogramm und ABK . . . . .	21
4.1.2	Fragebögen . . . . .	23
4.1.3	Oldenburger Kindersatztest . . . . .	25
4.2	Ergebnisse Einstellung 2 . . . . .	27
4.2.1	Tonaudiogramm und ABK . . . . .	27
4.2.2	Fragebögen . . . . .	29
4.2.3	Oldenburgersatztest . . . . .	31

<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>33</b>
5.0.4	Oldenburgerkindersatztest . . . . .	34
5.0.5	Fragebögen . . . . .	35
5.0.6	Diskussionrunde zum allgemeinen Tragekomfort mit offenen Fragen . . .	35
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>Danksagung</b>	<b>38</b>
	<b>Literatur</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>40</b>
<b>9</b>	<b>Erklärung</b>	<b>47</b>

# Abbildungsverzeichnis

1	Mittelwerte der Hörverluste . . . . .	5
2	Audiogramm mit Hörverlust und Grenzfrequenzen . . . . .	6
3	Phonak Software Beispiel für manuelle Einstellung der Grenzfrequenzen . . . . .	7
4	Messaufbau . . . . .	12
5	Insitu Messvorrichtung . . . . .	13
6	Tonaudiogramm eigene Darstellung mit Verdeutlichung des CV . . . . .	16
7	Dynamikkennlinie . . . . .	17
8	Sprachbanane . . . . .	19
9	Einstellung 1 Tonaudiogramm rechtes Ohr . . . . .	21
10	Einstellung 1 Tonaudiogramm linkes Ohr . . . . .	22
11	Einstellung 1 Kategoriebewertung . . . . .	23
12	Einstellung 1 Gesamtbewertung . . . . .	24
13	Oldenburgerkindersatztest Einstellung 1 . . . . .	25
14	Einstellung 2 Tonaudiogramm rechtes Ohr . . . . .	27
15	Einstellung 2 Tonaudiogramm linkes Ohr . . . . .	28
16	Einstellung 2 Kategoriebewertung . . . . .	29
17	Einstellung 2 Gesamtbewertung . . . . .	30
18	Oldenburgerkindersatztest Einstellung 2 . . . . .	32
19	Grenzfrequenzen der menschlichen Stimme . . . . .	34

# Abkürzungsverzeichnis

DSLv5a	Desired Sensational Level Version 5a
CV / CR	Compressionsverhältnis / Compression Ratio
LA	Lautstärke für Ausgangspegel
LE	Lautstärke für Eingangspegel
NAL	National Acoustic Laboratory
NL	Non – linear
SNR	Signal to noise ratio
UCL	Uncomfortable Level

# 1 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit:

Die Verwendung von Kompression in Hörsystemen ist heutzutage essenzieller Bestandteil jeder Hörsystemanpassung. In vielen Forschungsprojekten wurde bis heute hauptsächlich das Augenmerk auf die Hochtonkompression gelegt, dabei gibt es nur wenige Studien die sich mit der Tieftonkompression beschäftigen. In dieser Studie wurde gezielt mit der Kompression im niederfrequenten Bereich von 160 - 800 Hz gearbeitet mit der Besonderheit, dass zusätzlich Grenzfrequenzen im Bereich von 160 - 480 Hz und 640 - 800 Hz gesetzt wurden. Das Augenmerk wurde dabei auf die Frage gelegt, ob definierte Grenzfrequenzen die zu Frequenzbändern zusammengefasst werden das Sprachverstehen beeinflussen können?

Material und Methode:

An dieser Studie nahmen sieben Schülerinnen und Schüler teil. Die Schülerinnen und Schüler nahmen freiwillig an der Studie Teil und durften die Teilnahme jederzeit beenden. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bekamen Testgeräte die in zwei verschiedenen Einstellungen im Tieftonbereich mit einem CV von 2,5:1 eingestellt wurden. Dabei war Einstellung 1 mit den Grenzfrequenzen 160 - 480 Hz und Einstellung 2 mit den Grenzfrequenzen 640 - 800 Hz eingestellt. Jede Einstellung wurde jeweils eine Woche testgetragen und dann gemeinsam ausgewertet.

Ergebnisse:

Das bessere Sprachverstehen (Validierung durch den OlKiSa) wurde mit Einstellung 1 erreicht, auch bei der allgemeinen Bewertung des Hörsystems in Alltagssituationen wurde Einstellung 1 besser bewertet als Einstellung 2.

Schlussfolgerung:

Vorausgehende Studien konnten belegen, dass die Tieftonkompression für hochgradig schwerhörige im Tieftonbereich einen positiven Einfluss auf das Sprachverstehen haben. Des weiteren konnte mit der vorliegenden Studie eine Tendenz nachgewiesen werden, dass Grenzfrequenzen im Tieftonbereich ebenso positive Effekte erzielen können. Die Ergebnisse zeigen die Tendenz zu den tieferen Frequenzen 160 - 480 Hz der Einstellung 1. Die Allgemeine Zufriedenheit und der Tragekomfort der Hörsysteme für Einstellung 1 war ausschlaggebender als die Ergebnisse für Einstellung 2.

## 2 Einleitung

Digitale Hörsysteme sind heute hochkomplex aufgebaut. Sie verfügen trotz der vielen vorprogrammierten, automatischen Steuerung über zahlreiche Optionen zur manuellen Anpassung an den individuellen Hörverlust. Die höchste Priorität ist es die optimale Verstärkung und dadurch optimales Sprachverstehen zu erreichen, jedoch niemals die Grenze der Unbehaglichkeitsschwelle (Schwelle ab der Pegel unerträglich Laut werden) zu erreichen. Vor allem bei hörgeschädigten Kindern muss also eine adäquate Versorgung mit Hörsystemen statt finden, damit sich das Sprachverstehen normal entwickeln kann. Dabei soll nicht nur das optimale Sprachverstehen gefördert werden, sondern die Entwicklung des Kindes im Allgemeinen, dabei spielt unter anderem das Hören eine große Rolle. Wenn betroffene aus Scham nicht zugeben wollen schlecht zu hören, können sie nicht mit Hörsystemen versorgt werden das kann schnell zur sozialen Isolation führen. Besonders bei Kindern kann dies später zu psychischem Leidensdruck führen. Oft hat das Umfeld dann kein Verständnis für den Betroffenen, da die Ursachen nicht bekannt sind und wenden sich von der Person ab. Deshalb sollten auch Eltern stets Achtsam sein während der Entwicklung ihres Kindes. Weiter soll auf dieses Thema in dieser Arbeit nicht eingegangen werden. Da wir heute mittels unserer vorangeschrittenen Technik in der Lage sind fast alle Arten von Hörstörungen mit Hörsystemen zu versorgen muss heute keiner mehr unter diesem Druck leiden vom sozialen Netzwerk auf Grund einer Hörschädigung ausgeschlossen zu werden. Auch besondere schulische Einrichtungen für Kinder und Jugendliche die entsprechend ihrer Hörschädigung adäquaten unterrichtet und betreut werden stehen zur Verfügung. Für die Versorgung mit Hörsystemen stehen dabei mehrere Anpassverfahren zur Verfügung. Die gängigsten Anpassformeln sind NAL - NL und DSL, auf zweiteres wird im Laufe der Arbeit näher eingegangen, da diese Anpassformel vorwiegend für Anpassungen bei Kindern und Jugendlichen benutzt wird. Beide Anpassformeln beruhen auf einer nicht linearen Formel, d.h. Umgebungseräusche und Sprache werden in den hörbaren Bereich verstärkt und müssen gleichzeitig komprimiert werden. Die Verstärkung findet also nicht im Verhältnis 1:1 statt. Allerdings gibt es die Besonderheit, dass bis jetzt beide Anpassverfahren für den Tieftonbereich quasi eine lineare Kompression nutzen, d.h. also ein  $CV = 1$ . Eingangspegel werden 1:1 Verstärkt. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass vor allem die Sprache im Tieftonbereich wo die meisten Vokale angesiedelt sind durch einen  $CV = 1$  ebenso stark wie Konsonanten verstärkt werden. Häufig beklagen sich hörgeschädigte Personen die einen Hörverlust im Tieftonbereich haben genau darüber, dass es ihnen schwer fällt Sprache flüssig zu verstehen. Somit stellt sich die

Herausforderung Umgebungsgeräusche und Sprache in den stark eingeschränkten Dynamikbereich der hörgeschädigten Person zu verstärken, dabei niemals die UCL zu erreichen und die Sprache verständlich und optimal hervorzuheben. Wie einer vorausgegangenen Studie entnommen werden kann bringt die Komprimierung der Sprache in einen kleinen Dynamikbereich den Nachteil mit, dass die Tiefe der Amplitudenmodulation verringert wird und dass die spektralen Kontraste von Sprache reduziert werden [Marriage et al.]. In der vorausgehenden Studie von Ute Heisler wird gezielt auf die Komprimierung im Tieftonbereich eingegangen und folgende drei Grundfragen geklärt:

- Was bewirkt die Veränderung des Kompressionsverhältnisses im Tieftonbereich bei der Sprachverständlichkeit, vor allem im Störgeräusch?
- Wie wirkt sich ein höheres Kompressionsverhältnis (CV 2,5:1) im Tieftonbereich gegenüber einem niedrigeren Kompressionsverhältnis (CV 1,5:1) auf Geräusche in unterschiedlichen Kulissen aus?
- Was bewirkt die Veränderung auf Musik? Gibt es einen Unterschied zwischen klassischer Musik, die viele hohe Frequenzen und Unterhaltungsmusik, die viele tiefe Frequenzen und Bässe aufweist? [Heisler Ute, 2013]

Das Augenmerk der vorliegenden Arbeit liegt auf der Fragestellung ob zum CV von 2,5:1 zusätzlich das Setzen von Grenzfrequenzen einen weiteren positiven Einfluss auf das Sprachverstehen und den Allgemeinen Tragekomfort von hat.

## 2.1 Ziel der Arbeit

Heutige Hörsysteme haben eine Vielzahl an Möglichkeiten Individuell programmiert zu werden um den maximalen Tragekomfort zu erhalten. Eine der vielen Möglichkeiten ist unter anderem die Einstellung einer nicht linearen Verstärkung - die kompressive Verstärkung. Besonders viel wurde in zahlreichen Projekten mit der Hochtongkompression gearbeitet [Kates, 2010] [Bohnert et al., 2010]. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es mit einer Tieftongkompression für die Bereiche von 160 Hz bis 800 Hz herauszufinden wo sinnvoll Grenzfrequenzen gesetzt werden können, damit diese positiven Einfluss auf das Sprachverstehen haben. Die Frequenzen 160 - 800 Hz wurden in zwei Frequenzbänder aufgeteilt. Das erste Frequenzband fasste die Frequenzen 160-480 Hz, das zweite Frequenzband fasste die Frequenzen von 640 - 800 Hz zusammen. Zugrunde dieser Arbeit liegt die Bachelorthesis von Ute Heissler. In der Bachelorthesis wurde spezifisch



die Frage gestellt von welchem CV im Tieftonbereich (Frequenzen zwischen 160-800 Hz) eine hochgradig schwerhörige Person profitieren kann. Es wurden drei CVs getestet. Die CVs wurden wie folgt eingestellt: 1,5:1; 2,0:1; 2,5:1. Folgendes Ergebnis wurde erzielt. Das beste Sprachverstehen im Störgeräusch wurden mit einem Kompressionsverhältnis von 2,5:1 erreicht. Im Bereich der Wahrnehmung von Geräuschen wurden ebenfalls mit einem Kompressionsverhältnis von 2,5:1 bessere Ergebnisse erzielt. Bei der Beurteilung der Klangqualität wurde für klassische Musik ein niedriges Kompressionsverhältnis von 1,5:1 bevorzugt, für die Klangqualität von Unterhaltungsmusik wurde mit einem Kompressionsverhältnis von 2,5:1 ein besseres Ergebnis erzielt.[Heisler Ute, 2013] Auf Grund der Ergebnisse der Arbeit von Ute Heisler wurde in der vorliegenden Arbeit das CV von 2,5:1 verwendet. Des weiteren ist das Ziel der Arbeit durch die gesetzten Grenzfrequenzen zu erfahren, ob die Einstellung hinsichtlich verschiedener Alltagsfaktoren beim Tragen eines Hörsystems zu weiteren positiven Effekten führt. Hierbei sollten folgende Fragen beantwortet werden. Haben Grenzfrequenzen überhaupt einen Einfluss auf das Sprachverstehen und auf den allgemeinen Tragekomfort in Alltagssituationen? Wenn ja, in welcher Form haben sie positiven Einfluss? Können Hörsystemträger die einen Tieftonverlust haben von diesen Einstellungen profitieren? Diese Fragestellungen können am besten von erfahrenen Hörsystemträgern beantwortet werden, zum einen weil sie genauestens wissen welchen Klang sie von einem Hörsystem erwarten, damit im Alltag alles gut verständlich und hörbar ist, zum anderen weil die Akzeptanz für verschiedene Einstellung viel höher ist, als für einen Neuanwender der mit dem Klang, dem Tragen und Anwenden von Hörsystemen erst vertraut gemacht werden muss.

## 2.2 Hörverluste

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden unter bestimmten Kriterien des Hörverlustes ausgesucht. Somit wurden ausschließlich Teilnehmerinnen und Teilnehmer für die Studie ausgesucht die mindestens einen Hörverlust von 40 dB ab 500 Hz aufwiesen. Folgende Grafik zeigt die Hörverluste aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Mittel

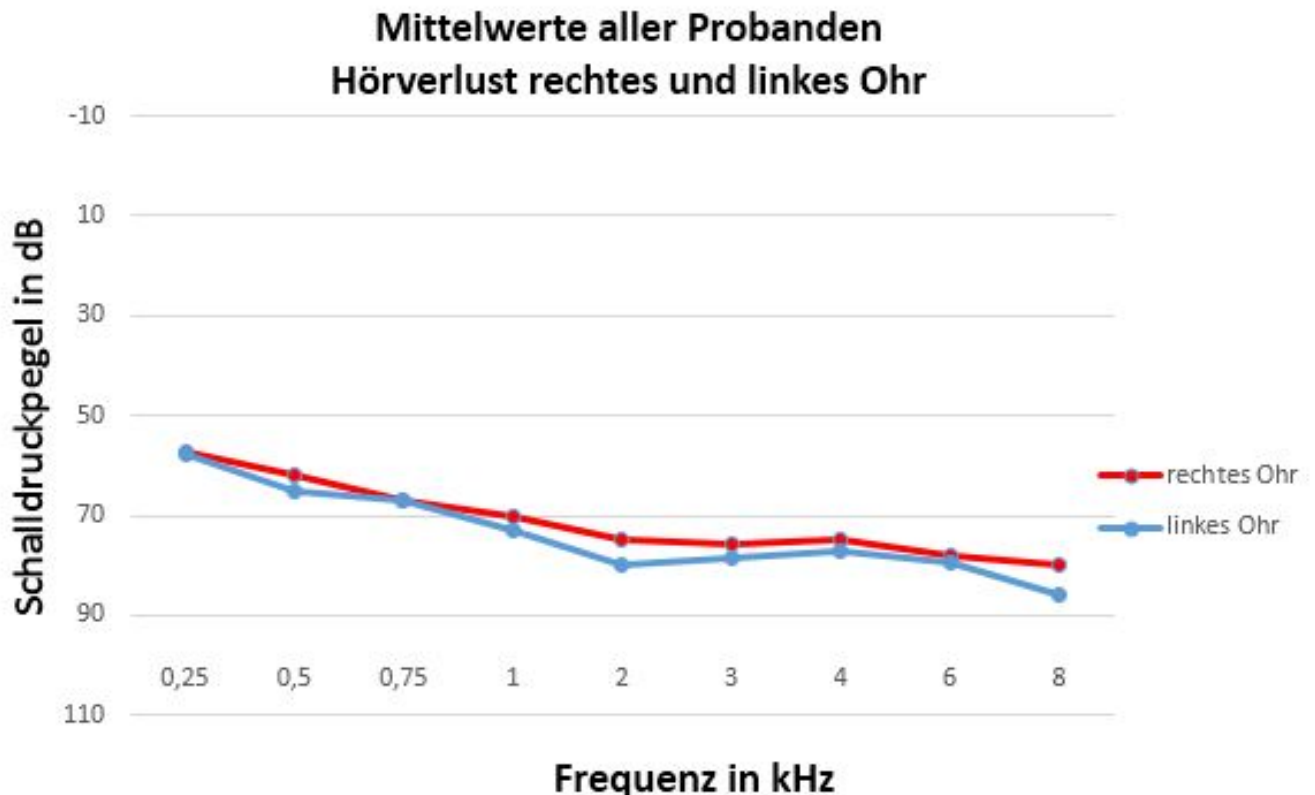


Abbildung 1: Mittelwerte der Hörverluste aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Dargestellt für das rechte und linke Ohr. Mittelwerte für das rechte Ohr sind mit der roten Linie und Verbindungspunkten gekennzeichnet. Mittelwerte für das linke Ohr sind mit der blauen Linie und Verbindungspunkten gekennzeichnet. Zu sehen ist in der Abbildung 1, dass die Hörverluste aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Mittel für das rechte und linke Ohr fast identisch sind. Bei allen Hörverlusten handelt es sich um eine reine Innenohrschwerhörigkeit. Die Schwerhörigkeit somit als hochgradig einzustufen. Die Hörkurven beginnen bei 250 Hz bei ca. 55dB, sinken bei 1 kHz auf ca. 70 dB ab, bleiben zwischen 2 - 8 kHz bei etwa 75 dB konstant. Dabei zeigt das linke Ohr ab 2 - 8 kHz eine geringe Abweichung vom der rechten Hörkurve und liegt im Mittel bei etwa 80 dB.

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer trugen ihre Hörsysteme seit frühester Kindheit und gaben als Grund sowohl erworbene als auch kongenitale Schwerhörigkeiten an. Alle erworbenen Schwerhörigkeiten wurden im Säuglingsalter festgestellt. Dies war der vorliegenden Anamnese zu entnehmen.

## 2.3 Einstellung der Grenzfrequenzen

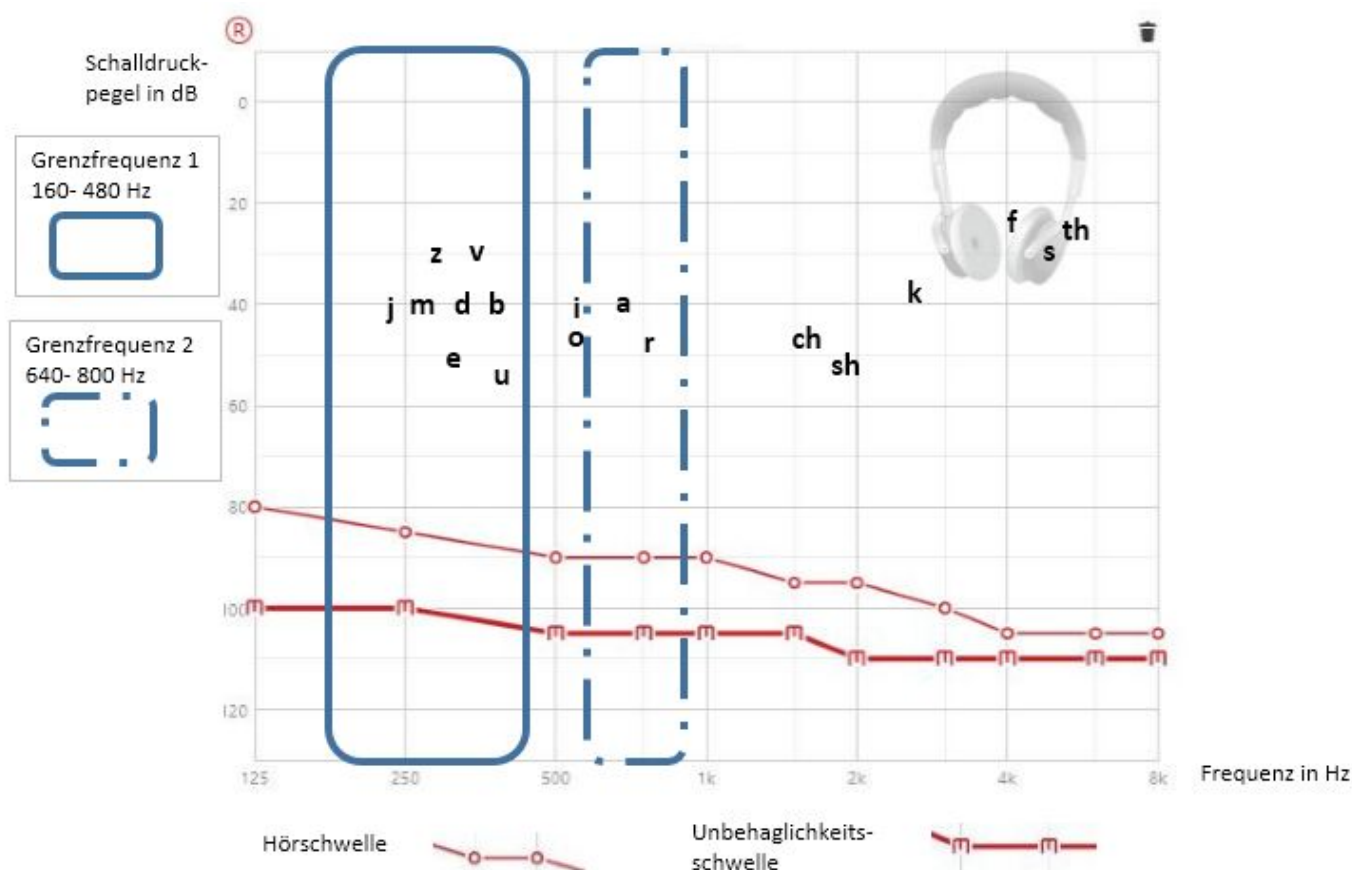


Abbildung 2: Der Grafik kann ein beispielhafter hochgradiger Hörverlust entnommen werden mit einer UCL im Mittel von 105 dB. Desweiteren sind jeweils die Grenzfrequenzen zu sehen, die in zwei Bänder unterteilt sind die jeweils mehrere Frequenzen zusammenfassen. Grenzfrequenz 1 fasst schematisch die Frequenzen 160 - 480 Hz zusammen und Grenzfrequenz 2 fasst schematisch die Frequenzen 640 - 800 HZ zusammen.

Die Grenzfrequenzen wurden in der Software Target 4.0 von Phonak manuell eingestellt. Zur veranschaulichung dient eine weitere Grafik die einen beispielhaften Ausschnitt der Phonak Software der Feinanpassung zeigt. Jede Anpassung wurde für das rechte und linke Ohr im gleichen Verfahren eingestellt.

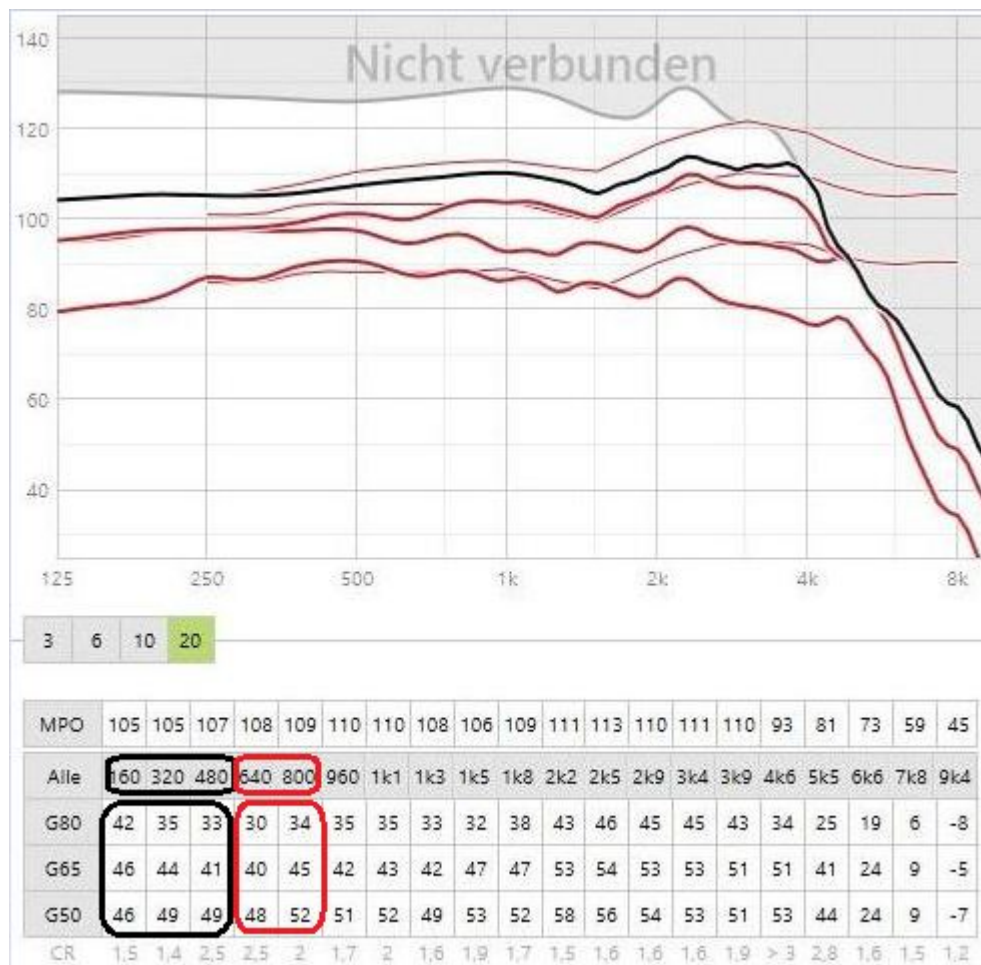


Abbildung 3: Die eingekreisten Felder zeigen die Grenzfrequenzen die zur Einstellung der Tiefenkompression verwendet wurden. Für Einstellung 1, welche der Grenzfrequenz 1 entspricht wurde der CV 2,5:1 eingestellt während die anderen Frequenzen weiterhin annähernd linear verstärkt wurden. Für Grenzfrequenz 2 wurde der gleiche Vorgang vorgenommen wie für Grenzfrequenz 1. Der Schwarze Rahmen steht dabei für die Grenzfrequenz 1 und der rote für die Grenzfrequenz 2. G 80, G65 und G 50 stehen dabei für die Verstärkung von lauten ( G80), mittleren ( G 65) und für leise ( G 50) Ausgangspegel)

## 2.4 Teilnehmerinnen \ Teilnehmer und Methoden

### 2.4.1 Ablauf der Studie

- Teilnehmerinnen und Teilnehmer

An der Studie nahmen sieben Kinder und Jugendliche im Alter von 13-18 Jahren von der Schwerhörigenschule St. Josef in Schwäbisch Gmünd teil. Davon waren vier männlich und drei weiblich. Die Teilnahme erfolgte freiwillig und konnte von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern jederzeit ohne Angabe von Gründen abgebrochen werden. Die Teilneh-

merinnen und Teilnehmer und deren Eltern wurden über den Zweck der Untersuchung informiert und alle Eltern gaben ihr schriftliches Einverständnis. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden vorher auf Grund von vorliegenden Audiogrammen ausgesucht. Der Indikationsbereich um an der Studie teilzunehmen, war ein Hörverlust von mindestens 40 dB ab 500 Hz bis 1 kHz. In allen sieben Fällen weist die Hörkurve einen breitbandigen hochgradigen Hörverlust auf, zum Teil in einigen Frequenzen bis an Taubheit grenzend. Alle Hörverluste waren ausschließlich Innenohrschwerhörigkeiten.

- Einstellung der Hörsysteme

Die Hörsysteme sind von der Firma Phonak und waren ebenfalls mit einer firmeneigenen Software Phonak Target 4.0 eingestellt. Über diese Software können die Hörsysteme individuelle an jeden Hörverlust angepasst werden. Die Testgeräte Naida Q 90 UP waren ebenfalls von der Firma Phonak. Die Einstellung nach dem Rückkopplungstest wurde wie folgt vorgenommen:

Anpassformel DSLv5a (im Kapitel theoretische Grundlagen erläutert) für Kinder, in der Basisanpassung wurde die Verstärkungsstufe auf 100% eingestellt, Okklusionsmanager (Anpassung des Klangs an die eigene Stimme) und BassBoost (Anpassung der tieffrequenten Verstärkung) wurden deaktiviert und die Kompression wurde auf „vorberechnet“ eingestellt, wobei die Kompression im Tiefton der Frequenzen von 160 - 800 Hz dann manuell in der Feinanpassung verändert wurden. Des weiteren wurde dann in der Feinanpassung zu aller erst die Verstärkung über alle Frequenzen an die individuelle Hörkurve angepasst und im darauf folgenden Schritt die ersten drei Frequenzbänder mit dem CV von 2,5:1 eingestellt. In den Hörprogramm- Optionen finden sich die Einstellungen für den WhistleBlock, SoundRelax, NoiseBlock, WindBlock und EchoBlock alle Optionen wurden ausgeschaltet und der Mikrofonmodus wurde auf Omnidirektional gestellt.

- Anpassablauf

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden dem gleichen Ablauf unterzogen. Begonnen wurde immer mit dem subjektiven Verfahren der Tonaudiometrie, um den individuellen Hörverlust zu ermitteln. Desweiteren wurde die ABK ermittelt. Aus der ABK kann die Hörleistung mit den getragenen Hörsystemen entnommen werden. Somit wurde zu Beginn der Studie einmalig eine ABK mit den eigenen Hörsystemen durchgeführt und darauf folgenden nach jeder Testwoche eine ABK mit den Testgeräten. Um sicher zu stellen, dass die Hörleistung in jedem Fall mindestens der Hörleistung der eignen Geräte entspricht.

Des weiteren wurde der OlKiSa mit eigenen- und Testgeräten durchgeführt, um eine weitere Validierung der Hörsysteme zu gewährleisten, allerdings im Bezug auf Verstehen im Störgeräusch. Nach diesem Ablauf folgte nun die Übertragung der Hörkurve in die Software und in die Messbox für die Insitu Messung. Die Hörsysteme durch ein IST Signal zu prüfen ist deshalb besonders wichtig, weil Hörsysteme Sprache anders verarbeiten als Störgeräusche. Somit soll das ISTS mit dem „Sprachgewirr“ die reellen Sprachdynamik simulieren. Auf Grund der Hörkurve konnte nun das Hörsystem individuell auf den Hörverlust angepasst werden. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden darauf hingewiesen, dass das Testgerät mit einer speziellen Einstellung getestet werden soll, dass der Klang erst einmal ein anderer sein kann wie sie es von ihren eigenen Hörsystemen bisher gewohnt sind. Vor allem weil die Testgeräte Ultra- Power Geräte sind, d.h sie Verfügung über eine enorm gute Verstärkung. Keiner der Teilnehmerinnen und Teilnehmer trug selbst ein solches Gerät, alle getragenen Geräte waren von der Verstärkung deutlich geringer. Der Fakt, dass die Testgeräte eine stärkere Verstärkung vorwiesen wurde während der Studie bemerkbar, darauf soll im Diskussionsteil weiter eingegangen werden.

## 2.5 Messablauf

In der vorliegenden Studie wurden sowohl subjektive Verfahren zur Validierung, als auch objektive Verfahren zur Verifizierung der eigenen Hörsysteme und der Testgeräte eingesetzt. Die Validierung hat das Ziel den Nutzen für den Hörsystemträger im Alltag zu erfassen- hierfür sind Fragebögen und Sprachtests besonders geeignet. Die Verifizierung hingegen ist eher für die Kontrolle des Hörakustikers bestimmt, um zu prüfen, ob sich technisch gesehen die Geräte wie gewünscht verhalten- werden die Zielvorgaben bezüglich des Frequenzgangs und des der Ausgangspegels erreicht oder verwirklicht, werden alle signalverarbeitende Prozesse so umgesetzt wie sie vom Akustikerin und Akustiker programmiert wurden (Verstärkung, Kompression, Störschallunterdrückung etc.) Neben der subjektiven Bestimmung der Hörschwelle mit Kopfhörern und im Freifeld wurden für die objektiven Verfahren zur Überprüfung der Einstellung die Insitu- Messung verwendet. Auf alle Verfahren wird im folgenden näher eingegangen.

### 2.5.1 Audiometer

Mit dem Messsystem AT900 (Fa. Auritec Medizindiagnostische Geräte GmbH, Hamburg) wurden sowohl die Messungen der Tonaudiometrie über Kopfhörer und im Freifeld, als auch die Messungen des Oldenburger Kindersatztests [Wagener et al., 1999] durchgeführt.

### 2.5.2 Tonaudiometrie

Die Tonaudiometrie fand mit dem Audiometer von Maico statt. Die so bestimmte Hörschwelle ist die Grundlage zur Anpassung der Hörsysteme. Des weiteren wurde die Knochenleitung in den Frequenzen 0,5- 6 KHz ermittelt, um zwischen einer Schallleitungs- oder Schallempfindungsstörung zu unterscheiden.

### 2.5.3 Tonaudiometrie im Freifeld (Aufblähkurve)

Die Tonaudiometrie im Freifeld wird mit dem gleichen Prinzip wie die Tonaudiometrie über Kopfhörer durchgeführt mit dem Unterschied, dass das Testsignal aus Lautsprechern abgespielt wird. Die Aufblähkurve (ABK) ist dem zu Folge die Bestimmung der Hörschwelle mit getragenen Hörsystemen und zeigt im Vergleich zum Hörverlust den Gewinn des Hörsystems an. Die Aufblähkurve wurde zu Beginn sowohl mit den eigenen Hörsystemen und nach jeder Einstellung mit den Testgeräten durchgeführt, um sicher zu stellen, dass mindestens der gleiche Hörerfolg erlangt wird wie mit dem eigenen Hörsystem.

### 2.5.4 Oldenburger Kindersatztest (OLKiSa)

Der OLKiSa ist an den Oldenburger Satztest (OLSa) [Wagener et al., 1999] angelehnt der ein subjektives Testverfahren ist mit dem die Sprachverständlichkeit im Störgeräusch geprüft werden kann.[Wagener et al., 2006] Das getragene Hörsystem kann somit validiert werden. Die Sprachverständlichkeitsschwelle (SVS) bezieht sich auf das 50%ige Sprachverstehen und wird als Signalrauschabstand (SNR engl. Signal to noise ratio) bezeichnet. Als Prüfsignal werden hierbei Sätze mit fünf Worten von einer männlichen Stimme gesprochen die keinen Sinn ergeben. Die Anordnung der Worte ist immer die gleiche und wird aus einer Basisliste von Worten randomisiert Wiedergegeben und hat folgende Reihenfolge:

Name, Verb, Zahlwort, Adjektiv und Substantiv - Bsp.: „Peter kauft drei alte Blumen“.

Während des gesprochenen Satzes kommt aus den selben Lautsprechern ein Störgeräusch. Der Pegel des Störgeräusches ist konstant bei 65 dB. Bei Testbeginn ist der Sprachpegel ebenfalls bei 65 dB und passt sich im Verlauf der Messung an die richtig verstandenen und nachgesprochenen Worte an, wird also mit steigender Anzahl der verstandenen Worte leiser und umgekehrt. Die Adaption des Sprachpegels erfolgt automatisch durch Errechnung über das Programm. Somit wird zum Ende der Messung der SNR automatisch ermittelt. Der OLKiSa unterscheidet sich zum OLSa nur Aufgrund des verkürzten Aufbaus und beinhaltet lediglich drei Worte die folgen-

dermaßen wiedergegeben werden:

Zahlwort; Adjektiv, Objektiv - Bsp.: „drei nasse Messer“

### 2.5.5 Fragebögen

Die Fragebögen zur Validierung der Hörsysteme wurden so gestaltet, dass durch die Fragestellung möglichst eine Präferenz heraus gefiltert werden kann, welche der beiden Einstellungen vorteilhafter war. Die Fragen wurden wie folgt gestellt und von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern durch ein Bewertungssystem wie das der Schulnoten bewertet.

1= sehr gut; 2= gut; 3= befriedigend;.....6=ungenügend. Die Fragen beziehen sich auf folgende Kategorien:

1. A=Allgemeine Bewertung des Hörsystems, allgemeiner Tragekomfort in genannter Einstellung
2. B=Sprachverstehen zu Hause während einer Unterhaltung und Sprachverstehen des Lehrers/ Lehrerin im Schulunterricht
3. C=Sprachverstehen beim Fernsehen
4. D=Klang von Musik
5. E=Verstehen im Störgeräusch, Große Pause und in der Freizeit im Freien mit Störgeräuschen zum Beispiel aus dem Straßenverkehrs
6. F= Wie gut könntest du dir vorstellen das Hörsystem in dieser Einstellung im Alltag zu tragen

Des Weiteren wurden offene Fragen gestellt, in denen genau beschrieben wurde was den Trägerinnen und Trägern am Gerät missfallen oder besonders positiv aufgefallen ist.

### 2.5.6 Messbox

Die Messbox Verifit von der Firma Audioscan (Vertrieb in Deutschland läuft über Auritec Medizindiagnostische Systeme Geräte GmbH, Hamburg) wurde für die objektiven Messmethoden zur Verifikation herangezogen.

Die Messbox kann auf zwei Wegen verwendet werden. Zum einen für Messungen in der Box über einen Kuppler (Ohrsimulator, der das Restvolumen des Gehörgangs simuliert), diese Methode



eignet sich besonders gut für Normmessungen und für die Kontrolle von technischen Eigenschaften des Hörsystems. Um die Hörbedingungen möglichst nah an die reelle Hörumgebung anzulehnen verwendet man die zweite Möglichkeit der Messbox, die Insitu-Messung. Auf die Methode der Insitu- Messung wird später näher eingegangen.

- Messaufbau der Messbox

Der Messablauf war für jede Teilnehmerin und jeden Teilnehmer der selbe. Nach einem kurzen Gespräch und allen einführenden weiteren Untersuchungen wurde das Hörsystem in der Phonak Target auf den individuellen Hörverlust der Teilnehmerinnen und Teilnehmer in der Feinanpassung eingestellt und mittels der Messbox verifiziert.

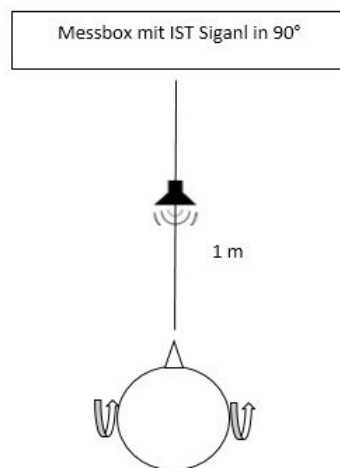


Abbildung 4: Messaufbau: Proband vor der Messbox (Verifit) in 1m Entfernung. Testsignal (ISTS) Frontal 90° aus Lautsprechern.

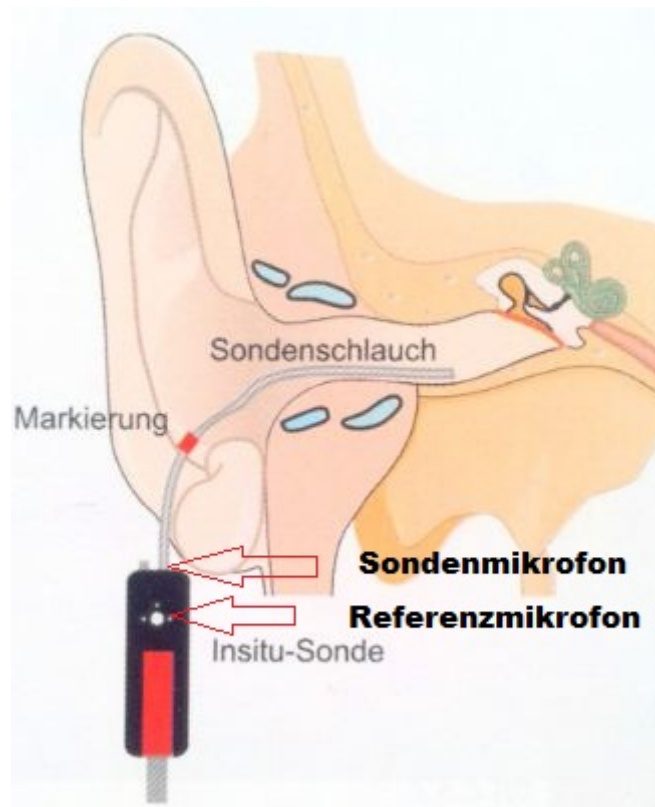


Abbildung 5: Bei der Insitu Messung wird der Insitu Sondenschlauch ins Patientenohr gesetzt. Vorher wird eine ausführliche Otoskopie durchgeführt um den Verlauf des Gehörgangs abzuschätzen, damit das Trommelfell nicht mit dem Sondenschlauch berührt wird. Bei der Insitu Messung wird dann ein Schallereignis direkt vor dem Trommelfell gemessen.

Beim Insitu- Verfahren wird, wie die Bedeutung des Wortes Insitu = „vor Ort“ schon verrät, ein Schallereignis direkt vor dem Trommelfell gemessen. Wie der Abbildung 5 entnommen werden kann, wird die Insitu Vorrichtung am Kundenohr platziert. In der Insitu- Sonde befinden sich zwei Mikrofone, das Referenz- und Sondenmikrofon. Vor der Messung findet eine Schlauchkalibrierung statt. Bei der eigentlichen Insitu-Messung am Kundenohr wird dann der Messwert über den Sondenschlauch mit dem des Referenzmikrofons, verrechnet. Mit dieser Methode findet die Messung unter realen Bedingungen statt. Verstärkungswirkung des offenen Gehörgangs, die sogenannte offene Ohrverstärkung (Real Ear Unaided Gain - REUG oder Open Ear Gain - OEG), das tatsächliche Restvolumen mit Otoplastik und der Schallabfluss durch Zusatzbohrungen an der Otoplastik werden erfasst.

## 3 Grundlagen

Um die essenziellen Funktionen eines Hörgerätes besser zu verstehen werden folgende Punkte detailliert beschrieben.

- Technische Grundlagen eines Hörsystems
- Sensorineuraler Hörverlust
- Sprachverstehen

### 3.1 Technische Grundlagen eines Hörsystems

Des weiteren wird im nächsten Abschnitt auf die wichtigen technischen Funktionen eingegangen. Hierbei werden nur Funktionen beschrieben die eine tragende Rolle für die Studie spielen. Die Erläuterung aller weiteren technischen Funktionen eines digitalen Hörgeräts würde den Rahmen der Arbeit überschreiten. Folgende Punkte werden genauer besprochen:

- die Anpassformel DSLv5a
- Kompression, Kompressionsverhältnis und die Verhaltensweise der Kompressions in einem Hörsystem

#### 3.1.1 DSLv5a (Desired Sensation Level)

Die DSL Anpassformel ist so wie die NAL-NL Anpassformel eine nicht lineare (NL= Non linear) Anpassformel. Die DSL Anpassformel zielt auf eine Lautheitsnormalisierung ab und wurde in erster Linie für die Versorgung von Kindern entwickelt. Ziel hierbei war, für das schwerhörige Kind alles hörbar zu machen, damit vor allem im sprachlichen Entwicklungsstadium möglichst wenig Lücken entstehen. Somit wurden die Verstärkungswerte in klinischen Studien gemessen, mit dem Hintergrund die Sprachentwicklung bestmöglich voranschreiten zu lassen. Dies soll durch absolute Hörbarkeit aller Umgebungsgeräusche realisiert werden. Dabei darf niemals die Unbehaglichkeitsschwelle überschritten werden [Seewald et al., 2005]

In der Zwischenzeit wird die DSL Formel nicht nur für Kinder verwendet, sondern kann in modifizierter Form auch für Erwachsene verwendet werden. Für Erwachsene ist eine andere Berechnung der Verstärkung hinterlegt. Es werden bei der neuen Version DSL v5 unter anderem das Alter, die Hörpräferenzen und die Trageerfahrung berücksichtigt. Die Änderung der Verstärkung für Erwachsene resultiert aus den Ergebnissen der Studie nach Scollie. die Verwendung

der DSL (i/o) Formel bei Erwachsenen ergab somit, dass andere Verstärkungsbedürfnisse gefordert werden. [Scollie, 2005] Sie bevorzugten nach Scollie im Vergleich zu anderen präskriptiven Verfahren weniger Verstärkung. Ein Teil der Patienten forderte eine Verstärkungsminderung von durchschnittlich 5 dB. [Scollie, 2005]. Dieses Erkenntnis war unter anderem ein Grund für die Überarbeitung der DSL (i/o) Anpassformel.

### **3.1.2 Kompression, Kompressionsverhältnis (CV) und die Verhaltensweise der Kompressions in einem Hörsystem**

Die Kompression beschreibt das Verhältnis zwischen Ein- und Ausgangspegel (LE= Eingangspegel, LA= Ausgangspegel). Das CV beschreibt um wie viel die Verstärkung im Ausgangspegel im Verhältnis zu den Eingangspegeln sinkt oder ansteigt. Bei geringen Eingangspegeln steigt die Verstärkung der Ausgangspegel und umgekehrt. Das CV kann somit wie folgt berechnet werden:  $CV = \Delta LE / \Delta LA$

Um die Funktionsweise eines CV im Hörsystem zu verdeutlichen soll folgende Grafik als Veranschaulichung dienen.



Abbildung 6: Der Grafik kann schematisch das Verhalten der Kompression in einem Hörsystem entnommen werden. Zwischen der Hörschwelle und der UCL befindet sich der sog. Dynamikbereich in diesen Bereich muss die Sprache und Umgebungsgeräusche verstärkt werden. Die roten und blauen Pfeile zeigen die Kompressionsbereiche an. Die roten Pfeile zeigen die Kompression zwischen leisen und mittleren Ausgangspegeln an und die blauen Pfeile die Kompression zwischen mittleren und lauten Ausgangspegeln.

Die Grafik soll schematisch darstellen, wie das Kompressionsverhältnis für eine klassische Anpassformel innerhalb eines hörbaren Bereichs einer hörgeschädigten Person funktioniert. Der Grafik kann entnommen werden, dass der Hörverlust im Mittel 75 dB beträgt (gemittelt aus den Frequenzen 0,5; 1; 2; 4 kHz) und es sich somit um einen hochgradigen Hörverlust handelt. Des Weiteren kann aus den selbigen Frequenzen die Mittelung der UCL entnommen werden und entspricht 110 dB. LA bezeichnet die Lautstärke für Ausgangspegel nach Verstärkung durch ein Hörsystem. LE beschreiben die Eingangspegel diverser Geräusche und Sprache im Hörsystem. Der Grafik ist zu entnehmen, dass LA für leise und mittlere LE hinsichtlich der Verstärkung stets im gleichen Verhältnis stehen. D.h. das CV entspricht 1,0, was im Umkehrschluss bedeutet, dass keine Kompression statt findet und über alle Frequenzen hinweg in etwa lineare Verstärkung herrscht. Über alle Frequenzen hinweg herrscht kein genaues CV von 1,0, sondern liegt

immer nahe 1,0. Die Grafik soll dies nur schematisch Veranschaulichen. Hingegen wenn man das Verhältnis zwischen mittleren und lauten LA betrachtet, kann man der Grafik entnehmen, dass das Verhältnis nicht überall das gleiche ist. Hier arbeitet das Hörsystem also kompressiv. Der Bereich zwischen der Hörschwelle und der UCL wird Dynamikbereich genannt und ist der Bereich in den das Hören für eine hörgeschädigte Person hinein komprimiert ist. Wie man der Grafik entnehmen kann ist bei einem hohen Hörverlust dieser Dynamikbereich eingeschränkt. Wichtig ist also, dass man stets die beste Verstärkung von Sprache und Umgebungsgeräuschen erhält jedoch niemals die UCL überschreitet, deshalb muss vor allem die LA für laute Eingangspegel komprimiert werden. Abbildung 7 soll nochmals den technischen Vorgang bei einer Kompression eines Hörsystems verdeutlichen. Abbildung 2 beschreibt die vier 4 typische Bereiche des akustischen Verhaltens eines Hörgerätes.

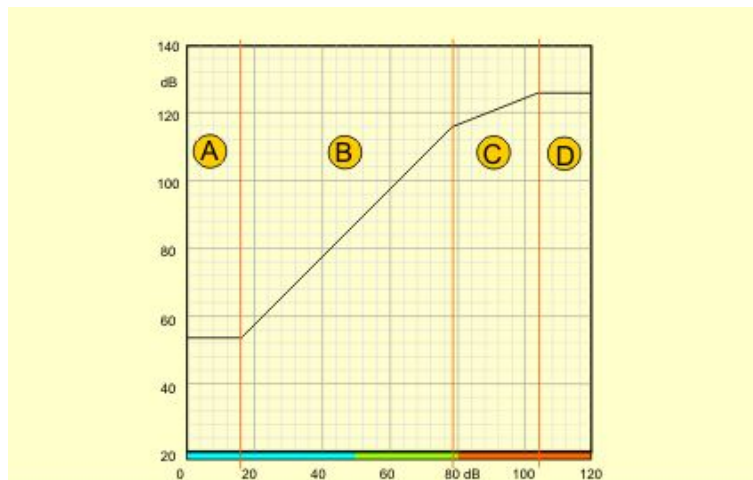


Abbildung 7: Dynamikkennlinie A= Eigenrauschen des Hörsystems; B= linearer Bereich; C= Kompressionsbereich; D= Sättigungsbereich - Die Verstärkung eines Hörgerätes kann durch eine Dynamikkennlinie dargestellt werden. Dabei wird der Ausgangsschalldruckpegel LA (Ordinate) über dem Eingangsschalldruckpegel LE (Abszisse) Frequenzabhängig aufgetragen. Üblich ist bei diesen Messungen die Verwendung von Sinussignalen. Es können allerdings aber auch Rauschsignale (z.B. Schmalbandsignale, aber auch Breitbandsignale) verwendet werden. Aus der Dynamikkennlinie ist nun wie aus einem Diagramm die jeweilige Änderung von Eingangspegel zu Ausgangspegel abzulesen (Bildquelle: DHI.com)

### 3.2 Sensorineuraler Hörverlust

Ein sensorineuraler Hörverlust, auch Schallempfindungsschwerhörigkeit und Innenohrschwerhörigkeit genannt, hat zum Merkmal, dass die Funktionen des Innenohrs oder die weiter Verarbei-

tung zu den akustischen Nervenbahnen gestört ist. Die Ursachen für sensorineuralen Hörverlust sind in zwei Kategorien zu unterteilen:

kongenital und erworben.

Ein kongenitaler Hörverlust liegt bereits bei der Geburt vor. Er kann entweder erblich bedingt oder durch eine anormale Entwicklung in den fötalen Phase verursacht worden sein. Hauptsymptom der angeborenen Hörstörung ist der verzögerte Spracherwerb der unter anderem auf die reduzierten Frequenz- und Zeitauflösung zurück zu führen ist und somit auch zu einer reduzierte Spracherkennung und Sprachwahrnehmung führt [Kießling et al., 2008, 135ff.], da die gesprochene Sprache und Geräusche aus der Umwelt nicht adäquat wahrgenommen werden können.

Der erworbene Hörverlust entsteht im Laufe des Lebens und kann die unterschiedlichsten Ursachen haben. Ähnlich wie bei dem kongenitalen Hörverlust kann auch bei einem erworbenen Hörverlust der Spracherwerb zurückgeblieben oder unterentwickelt sein. Ausschlaggebend ist hierbei der Zeitpunkt der Entwicklungsphase. Tritt der Hörverlust nicht im Kindesalter ein und die Spracherwerbsphase ist beendet so werden in der gesprochenen Sprache keine Defizite mehr auftreten. Weitere erhebliche Einschränkungen treten im Zusammenhang mit der Innenohrschwerhörigkeit auf. Die Betroffenen weisen ab einem mittel- bis hochgradigem Hörverlust ein sogenanntes Recruitment auf, d.h. leise Töne sind zu leise und laute Pegel werden schnell als zu laut empfunden, dies ist wiederum auf die fehlende Dynamik zurück zu führen. Besitzt das Gehör eine sogenannte Unbehaglichkeitsschwelle bedeutet dies, dass man nicht unendlich Laute Pegel ertragen kann. Jedoch besitzt nicht jedes Gehör eine messbare UCL, dies kann verschiedene Ursachen haben auf die in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen werden soll. Der Dynamikbereich ist der Bereich der von der individuellen Hörschwelle bis zur Unbehaglichkeitsschwelle (engl. uncomfortable Level = UCL) unser Hören eingrenzt. Folglich ist dieser Bereich bei hörgeschädigten Personen viel schmaler als bei normalhörenden Personen. Die Hörschwelle bei sensorineuralen Hörschädigungen ist beträchtlich herabgesetzt und einige dB tiefer befindet sich bereits die UCL. Im Umkehrschluss ist der Dynamikbereich eingeschränkt = eingeschränkte Restdynamik.

### 3.3 Sprachverstehen

Um zu verstehen wieso eine Kompression in Hörsystemen überhaupt Einfluss auf das Sprachverstehen hat, soll in diesem Kapitel im Allgemeinen auf das Sprachverstehen und die Verarbeitung von Sprache in Hörsystemen eingegangen werden. Die folgende Grafik verdeutlicht in welchen

Frequenzen und Lautstärken sich Konsonanten und Vokale befinden. In der Studie von [Verschuure et al., 1996] wurde zum Ausdruck gebracht, dass ein höheres Kompressionsverhältnis das Sprachverstehen im Störgeräusch verbessern kann.

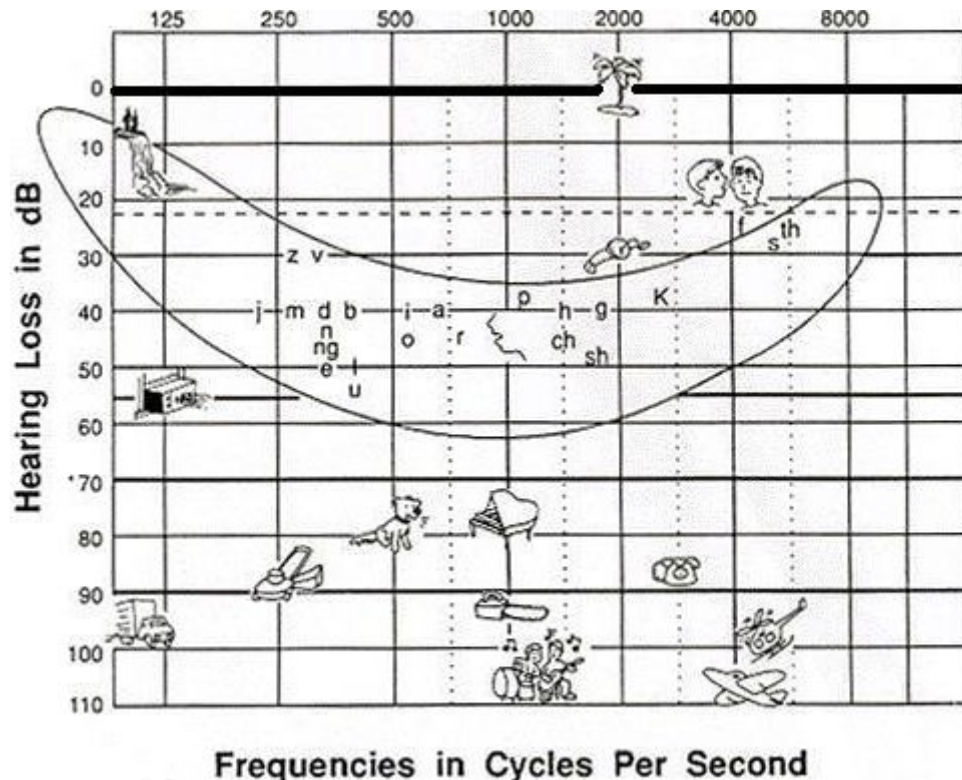


Abbildung 8: Sprachbanane

[Sprachbanane, 19.01.2010]

Wie der Grafik (sog. Sprachbanane) zu entnehmen ist sind die Vokale a,e,i,o,u im niederfrequenten Bereich zwischen 250- 750 Hz angesiedelt und werden normalerweise mit einer Lautstärke zwischen 40 dB und 55 dB gesprochen. Die wichtigen Konsonanten wie /f//g//t//s/ sind hochfrequent und im Bereich zwischen 4 - 6 kHz angesiedelt und werden zwischen 20 dB und 40 dB Lautstärke gesprochen. Hiermit wird deutlich, dass die niederfrequenten Vokale energiereich sind, der Sprache also die Energie verleihen. Die Konsonanten hingegen liefern den wichtigen Informationsgehalt der Sprache. Dies kann mit folgendem Beispiel verdeutlicht werden.

„Lässt man bei einem Satz die Vokale weg, so bleibt er doch noch in etwa lesbar.

Lsst mn b nm Stz d Vkle wg, s blbt r dch nch n tw lsbr (Satz ohne Vokale).

ä ä ei eie a ie oae e, o ei e o o i ea ea (Satz ohne Konsonanten). “[Ulrich and Hoffmann, 2011, S.373 f.]. Der Satz ohne Vokale ist also durchaus noch lesbar, der Satz ohne Konsonanten al-



lerdings ergibt keinen Sinn.

Konsonanten wie /s/ oder /f/ können selbst mit viel Mühe (als Selbstlaute) nicht so laut gesprochen werden, wie ein Vokal. Fehlt dieser Bereich in den Hörfrequenzen einer hörgeschädigten Person können sie Schwierigkeiten haben Wörter und somit ganze Satzzusammenhänge zu verstehen.

Das oben genannte Bsp. soll zum Allgemeinen Verständnis dienen, dass sowohl Vokale und Konsonanten für das Verstehen der Sprache unerlässlich sind. In besonderer Hinsicht auf hörgeschädigte Personen würde es bedeuten, dass der Effekt der Dominanten Vokale (weil energiereicher als Konsonanten) durch eine Verstärkung des Hörsystem weiter verstärkt wird. Vokale werden durch die Verstärkung noch energiereicher und somit dominanter und überverstärkt was dazu führen kann, dass Konsonanten in den Hintergrund gedrängt und dadurch schlechter Verstanden werden. Die Annahme ist hierbei also, dass bei einer hörgeschädigten Person die einen Hörverlust im niederfrequenten Bereich hat die Tieftonkompression einen positiven Effekt auf die Sprache haben kann weil, durch die Kompression die Dominanz der Vokale raus genommen wird und Vokale und Konsonanten zu gleichen Teilen verstärkt werden. Somit kann keine Überverstärkung und Dominanz der Vokale herrschen.

## 4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie enthalten Auswertungen der Fragebögen, der Tonaudiogramme und der Aufblähkurven, sowie die Auswertung des OIKiSa [SNR].

## 4.1 Ergebnisse Einstellung 1

### 4.1.1 Tonaudiogramm und ABK

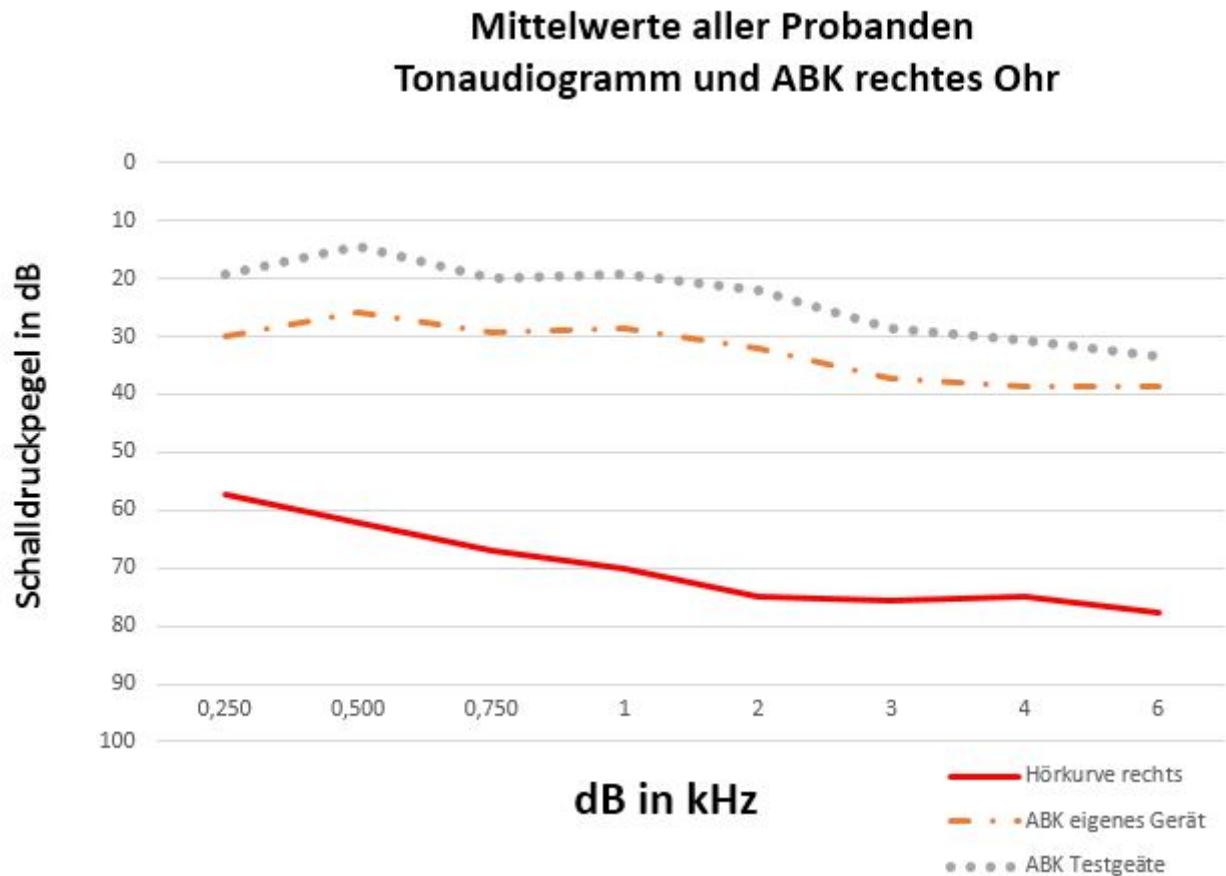


Abbildung 9: Mittelwerte der Hörkurve aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer des rechten Ohres. Mittelwerte der ABK des eigenen Gerätes und der Testgeräte. Die Mittelwerte der Hörkurve sind mit einer roten Kurve gekennzeichnet, die Mittelwerte beginnen für die Hörkurve bei 0,250 Hz bei ca. 60 dB und liegen bei 1 kHz bei 70 dB und bleiben über 2 - 6 kHz konstant bei ca. 75 dB. D.h. der gemittelte Hörverlust für das rechte Ohr aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer war ein hochgradiger Hörverlust. Die ABK des eigenen Gerätes zeigt den Hörerfolg deutlich und liegt im Mittel bei einer Hörkurve von 30 dB. Die ABK des Testgerätes liegt im Mittel bei einer Hörkurve von 23 dB, was einer Steigerung von 7 dB zum Hörerfolg mit den eigenen Geräten entspricht.

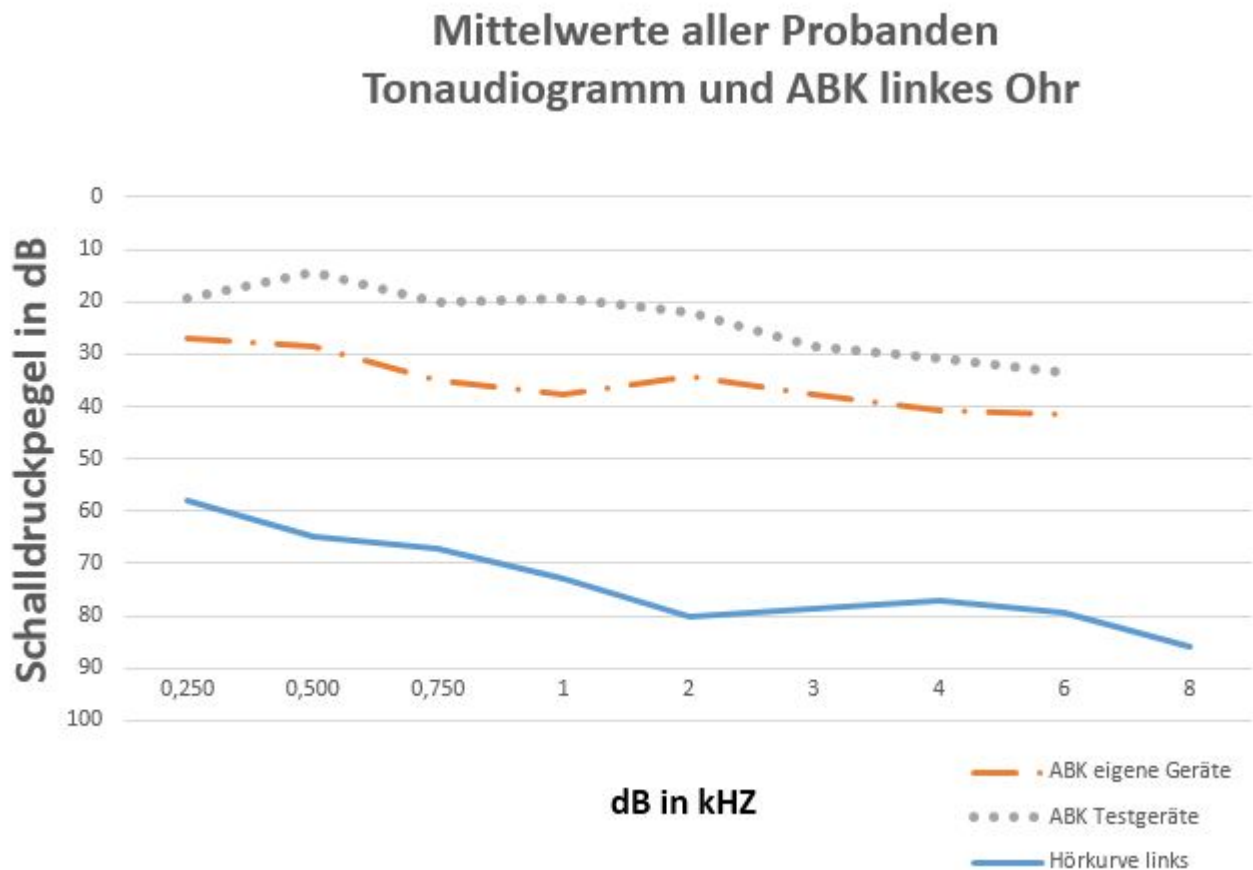


Abbildung 10: Mittelwerte der Hörkurve aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer des linken Ohres. Mittelwerte der ABK des eigenen Gerätes und der Testgeräte. Die Mittelwerte der Hörkurve sind mit einer blauen Kurve gekennzeichnet, die Mittelwerte beginnen für die Hörkurve bei 0,250 Hz bei ca. 60 dB und liegen bei 1kHz bei 70 dB und bleiben über 2 - 6 kHz konstant bei ca. 75 dB. D.h. der gemittelte Hörverlust für das linke Ohr aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer war ein hochgradiger Hörverlust. Die ABK des eigenen Gerätes zeigt den Hörerfolg deutlich und liegt im Mittel bei einer Hörkurve von 33 dB. Die ABK des Testgerätes liegt im Mittel bei einer Hörkurve von 23 dB, im Mittel liegt die Differenz zwischen der ABK mit dem eigenen Hörsystem und dem Testgerät bei 11 dB.

Abbildung 9 und 10 zeigen die gemittelten Hörkurven für das rechte und linke Ohr und die ABK des eigenen und der Testgeräte für Einstellung 1. Im Schnitt weist die ABK für das eigene Gerät für die rechte Seite im Vergleich zum Testgerät eine Differenz von 10 dB auf. Für das linke Ohr liegt die Differenz zwischen ABK des eigenen Gerätes und des Testgerätes im Schnitt bei 11,8 dB. Die Hörkurve für alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer für das rechte Ohr weist im Mittel einen Hörverlust von 70dB auf. Das linke Ohr weist im Mittel für alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer einen Hörverlust von 74 dB auf.

### 4.1.2 Fragebögen

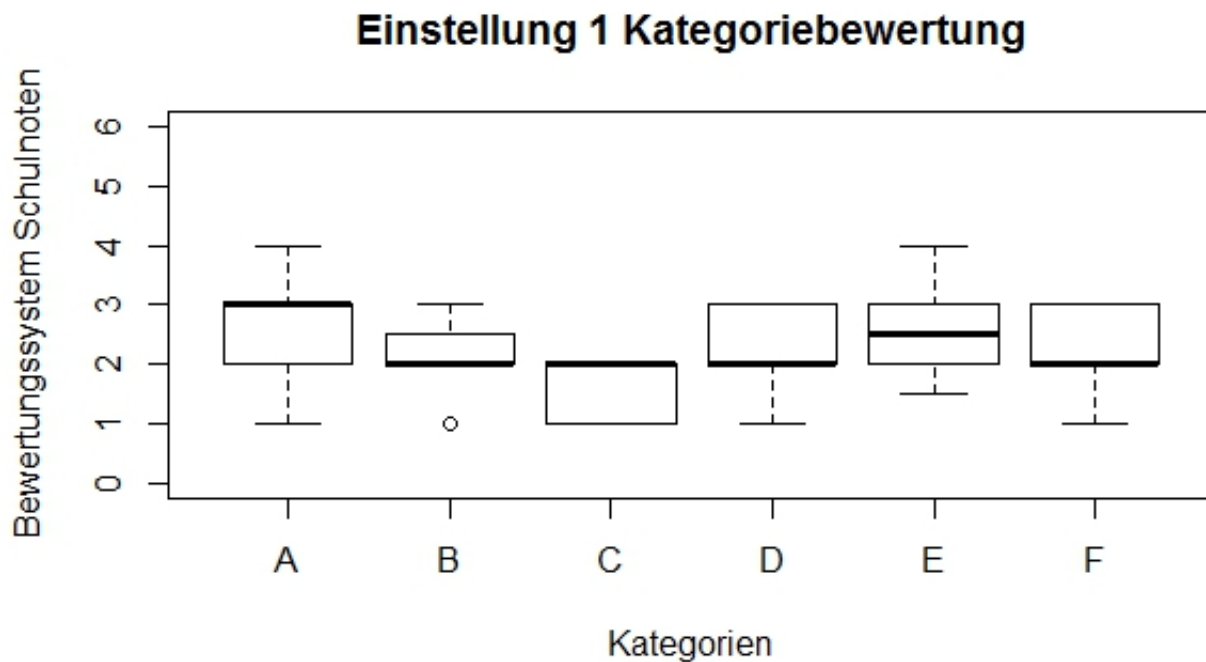


Abbildung 11: Das Boxplotdiagramm zeigt die Auswertung für Einstellung 1 für die Kategoriebewertung aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer nach einer Tragephase von zwei Wochen. Die einzelnen Kategorien von A- F wurden nach einem Schulnotensystem bewertet. Der Mittelwert aller Kategorien entspricht der Note 2,25. Kategorie A wurde von allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern im Mittel mit der Note 3 bewertet, Kategorie B mit der Note 2, Kategorie C mit der Note 2, ebenso wurde Kategorie D mit der Note 2 bewertet. Kategorie E hat die Bewertung 2,5 und Kategorie F die Note 2. Die kleinsten nicht extremen Werte (für Kategorie A, D, E, F) liegen bei der Note 1,4, was gerundet einer 1 = sehr gut entspricht. Die größten nicht extremen Werte für Kategorie A, B, E wurden im Mittel mit der Note 3,7 bewertet.

Die Fragebögen wurden gemeinsam nach der zweiwöchigen Testphase durchgearbeitet und mit Noten von 1-6, wobei 1= sehr gut und 6= ungenügend entspricht, in den verschiedenen Kategorien bewertet. Der Mittelwert für alle Kategorien liegt im Schnitt bei der Note 2,25, was nach dem Bewertungssystem gerundet der Bewertung gut entspricht. Die kleinsten nicht extremen Werte (für Kategorie A, D, E, F) liegen bei der Note 1,4, was gerundet einer 1 = sehr gut entspricht. Die dem gegenüberstehenden größten nicht extremen Werte (für Kategorie A, B, E) können aus dem Diagramm im Mittel mit der Note 3,7 entnommen werden und entspricht gerundet der Note 4 = ausreichend.

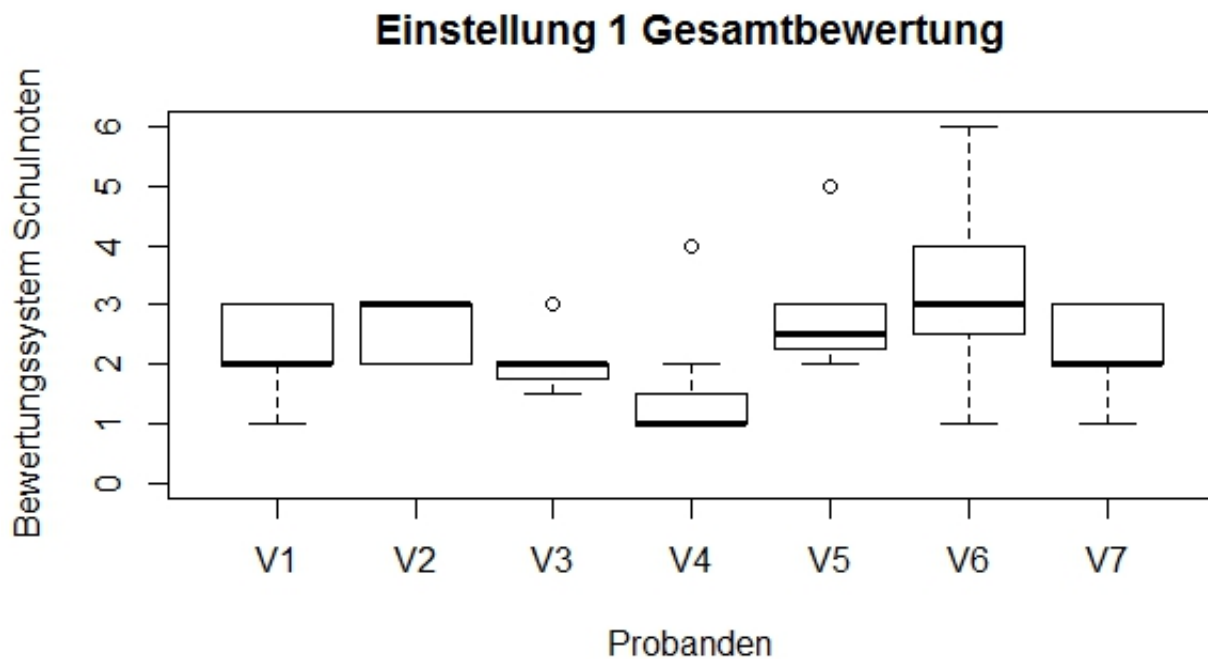


Abbildung 12: Einstellung 1 Gesamtbewertung des Hörsystems nach einer Tragephase von 2 Wochen. V1-V7 entsprechen den sieben Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Die Ergebnisse beziehen sich auf die Frage: „Was für eine Note bekommt das Hörsystem zusammenfassend“ Die Bewertung fand mit dem Notensystem statt. Die Gesamtbewertung der Einstellung 1 wurde im Mittel von allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern mit der Note 2 bewertet. Teilnehmerin oder Teilnehmer V3, V4, V5 haben im Mittel gute Bewertungen abgegeben, jedoch besitzen sie Ausreißer-Werte (V3 Ausreißer Note 3, V4 Ausreißer Note 4, V5 Ausreißer Note 5). Teilnehmerin oder Teilnehmer V6 bewertet das Hörsystem gesamt mit der Note 3 und besitzt in beide Richtungen für den kleinsten und größten nicht extremen Wert eine auffällige Streuung zwischen der Note 1-6.

Die Fragebögen besaßen einen zweiten Teil der sich der Gesamtbewertung für Einstellung 1 für alle Kategorien jedes einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmer widmete. Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die Frage „Was für eine Note bekommt das Hörsystem zusammenfassend“ gelegt. Die Bewertung fand mit dem Notensystem der Noten 1-6 statt, wobei 1= sehr gut und 6= ungenügend entspricht. Im Schnitt bewerteten die sieben Teilnehmerinnen und Teilnehmer das Hörsystem in Einstellung 1 mit der Note 2,21, was gerundet der Note 2 = gut entspricht. Hierbei sind bei Teilnehmerin oder Teilnehmer V3, V4, V5 im Mittel gute Bewertungen zu erkennen, jedoch besitzen sie Ausreißer-Werte (V3 Ausreißer Note 3, V4 Ausreißer Note

4, V5 Ausreißer Note 5). Teilnehmerin oder Teilnehmer V6 bewertet das Hörsystem gesamt mit der Note 3 und besitzt in beide Richtungen für den kleinsten und größten nicht extremen Wert eine auffällige Streuung zwischen der Note 1-6.

#### 4.1.3 Oldenburger Kindersatztest

Der Oldenburgerkindersatztest wird im Freifeld binaural ausgewertet. Hierbei wird also das rechte und linke Ohr nicht getrennt voneinander betrachtet.

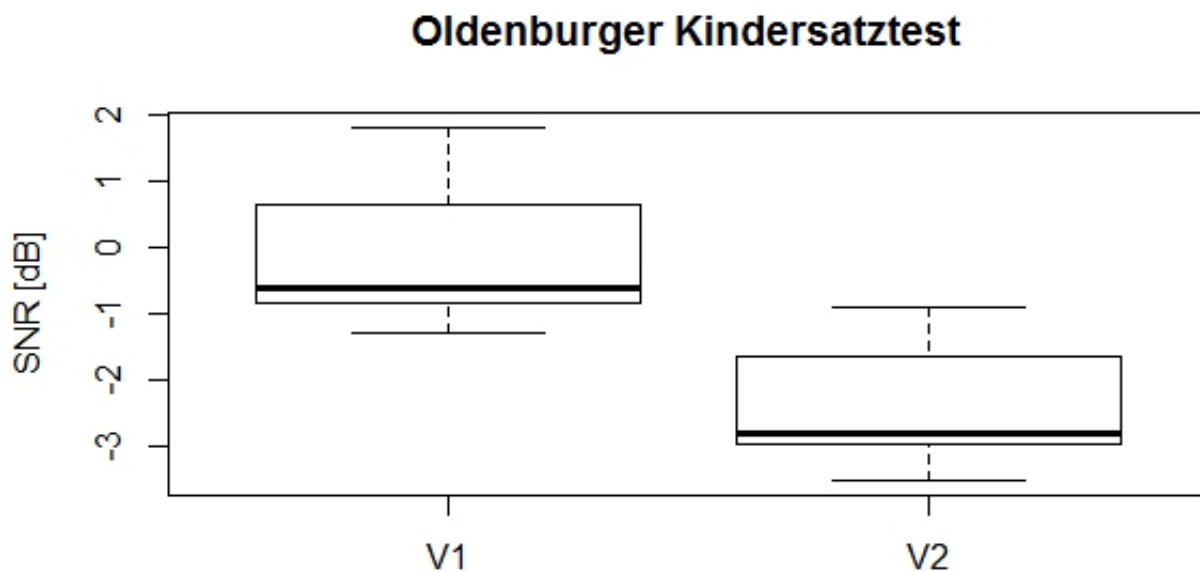


Abbildung 13: Oldenburgerkindersatztest: Auswertung (V1= eigene Hörsysteme; V2= Testgeräte Naida UP 90) Im Vergleich mit den eigenen Hörsystemen zu Beginn der Studie und mit den Testgeräten nach zwei Wochen Tragephase. V1 zeigt die Ergebnisse aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit den eigenen Hörsystemen zu Beginn der Studie. Im Mittel weist der SNR für V1 -0,07 dB auf. Dabei liegen die kleinsten und größten nicht extremen Werte bei -1,3 dB und +1,8 dB. V2 steht für die Ergebnisse aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit den Testgeräten nach zweiwöchiger Testphase und liegt im Schnitt bei -2,34 dB. der kleinste nicht extreme Wert liegt bei -1,1 dB. Der größte nicht extreme Wert liegt bei -3,8 dB.

Die Auswertung des Oldenburgersatztests erfolgt über die Ergebnisse des Signalrauschabstandes [SNR in dB] der sowohl positive als auch negative Werte aufweisen kann. Dem Boxplot Diagramm sind zu entnehmen, dass der SNR im Mittel von allen Teilnehmerinnen und Teilneh-

mer mit den eignen Geräten einen Wert von -0,07 dB hat und im kleinsten und größten nicht extremen Wert eine Streuung von -1,3 dB und +1,8 dB besitzt. Für die Testgeräte lag der SNR nach zwei Wochen Tragephase im Schnitt für Einstellung 1 bei -2,34 dB. Die nicht Extremen kleinsten und größten Werte liegen für V2 bei -1,1 dB und -3,8 dB. Im Vergleich zu den eignen Hörsystemen entspricht dies einer Differenz von -2,27 dB.

## 4.2 Ergebnisse Einstellung 2

### 4.2.1 Tonaudiogramm und ABK

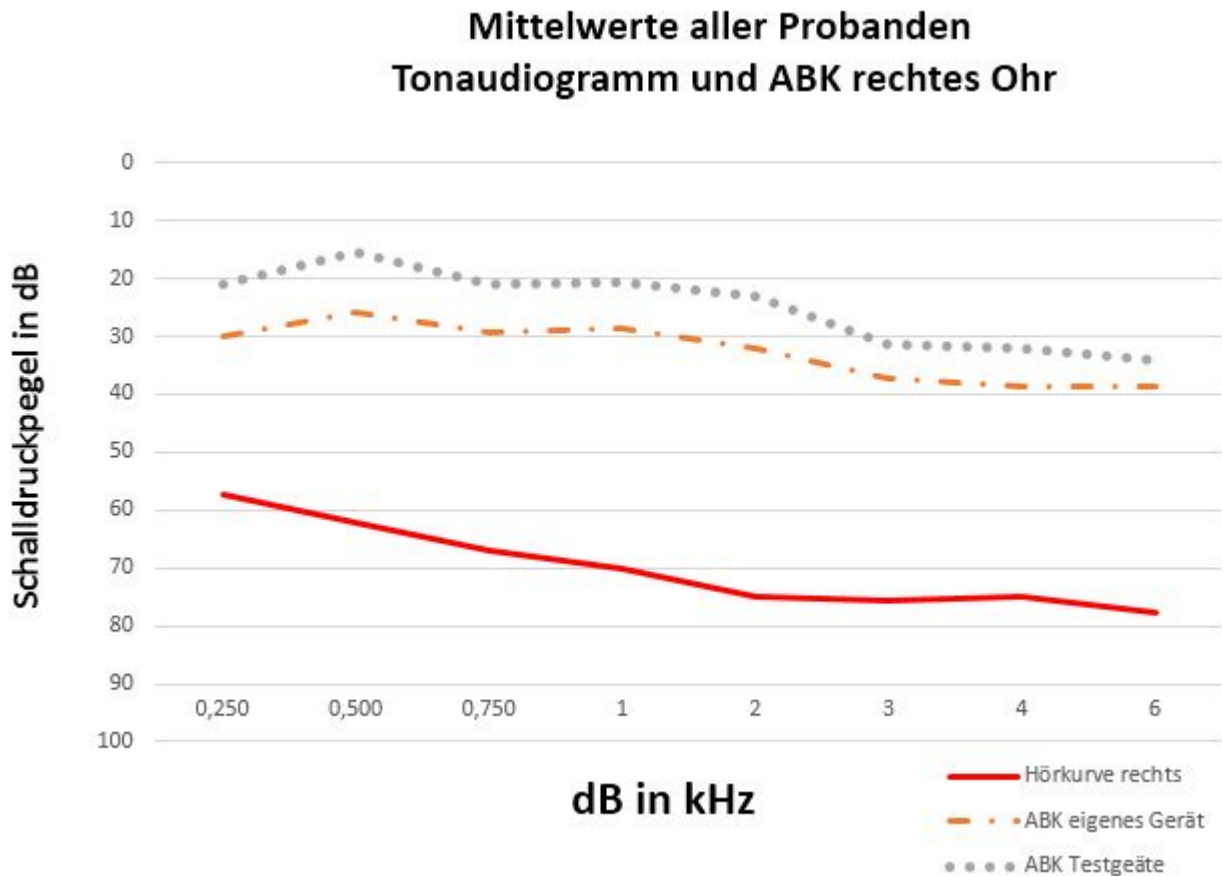


Abbildung 14: Einstellung 2 Mittelwerte der Hörkurve aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer des rechten Ohres. Mittelwerte der ABK des eigenen Gerätes und der Testgeräte. Die Mittelwerte der Hörkurve sind mit einer roten Kurve gekennzeichnet, die Mittelwerte beginnen für die Hörkurve bei 0,250 Hz bei ca. 60 dB und liegen bei 1kHz bei 70 dB und bleiben über 2 - 6 kHz konstant bei ca. 75 dB. D.h. der gemittelte Hörverlust für das rechte Ohr aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer war ein hochgradiger Hörverlust. Die ABK des eigenen Gerätes zeigt den Hörerfolg deutlich und liegt im Mittel bei einer Hörkurve von 33 dB. Die ABK des Testgerätes liegt im Mittel bei einer Hörkurve von 21 dB, im Mittel liegt die Differenz zwischen der ABK mit dem eigenen Hörsystem und dem Testgerät bei 9 dB.



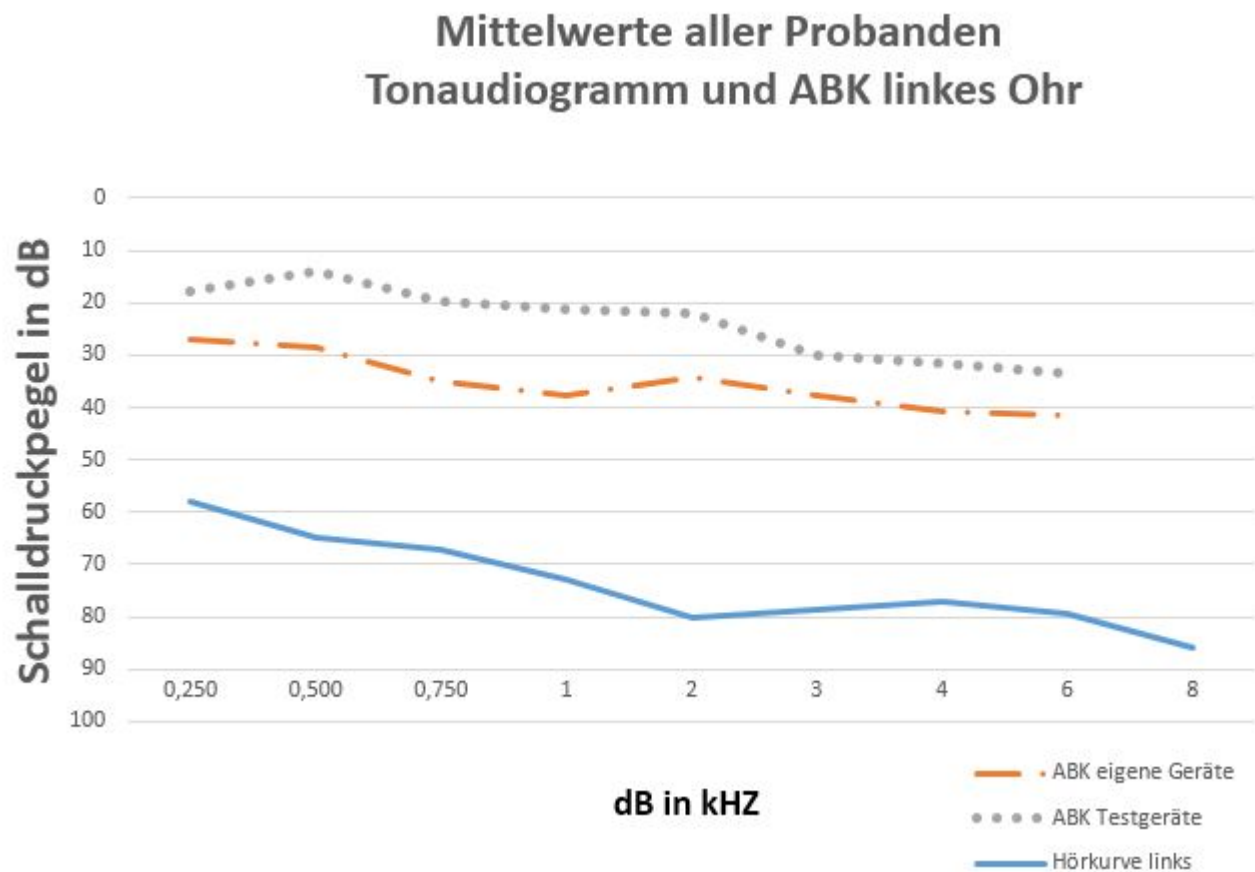


Abbildung 15: Einstellung 2 Mittelwerte der Hörkurve aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer des linken Ohres. Mittelwerte der ABK des eigenen Gerätes und der Testgeräte. Die Mittelwerte der Hörkurve sind mit einer blauen Kurve gekennzeichnet, die Mittelwerte beginnen für die Hörkurve bei 0,250 Hz bei ca. 60 dB und liegen bei 1kHz bei 70 dB und bleiben über 2 - 6 kHz konstant bei ca. 75 dB. D.H der gemittelte Hörverlust für das linke Ohr aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer war ein hochgradiger Hörverlust. Die ABK des eigenen Gerätes zeigt den Hörerfolg deutlich und liegt im Mittel bei einer Hörkurve von 33 dB. Die ABK des Testgerätes liegt im Mittel bei einer Hörkurve von 23 dB, im Mittel liegt die Differenz zwischen der ABK mit dem eigenen Hörsystem und dem Testgerät bei 10 dB.

Abbildung 14 und 15 zeigen die gemittelten Hörkurven für das rechte und linke Ohr für Einstellung 2. Die Hörkurve für alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer für das rechte Ohr weist im Mittel einen Hörverlust von 70dB auf. Das linke Ohr weist im Mittel für alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer einen Hörverlust von 74 dB auf. Im Schnitt weist die ABK für das rechte Ohr für das eigene Gerät im Vergleich zum Testgerät eine Differenz von 9 dB auf. Für das linke Ohr liegt die Differenz zwischen ABK des eigenen Gerätes und des Testgerätes im Schnitt bei 10 dB.

## 4.2.2 Fragebögen

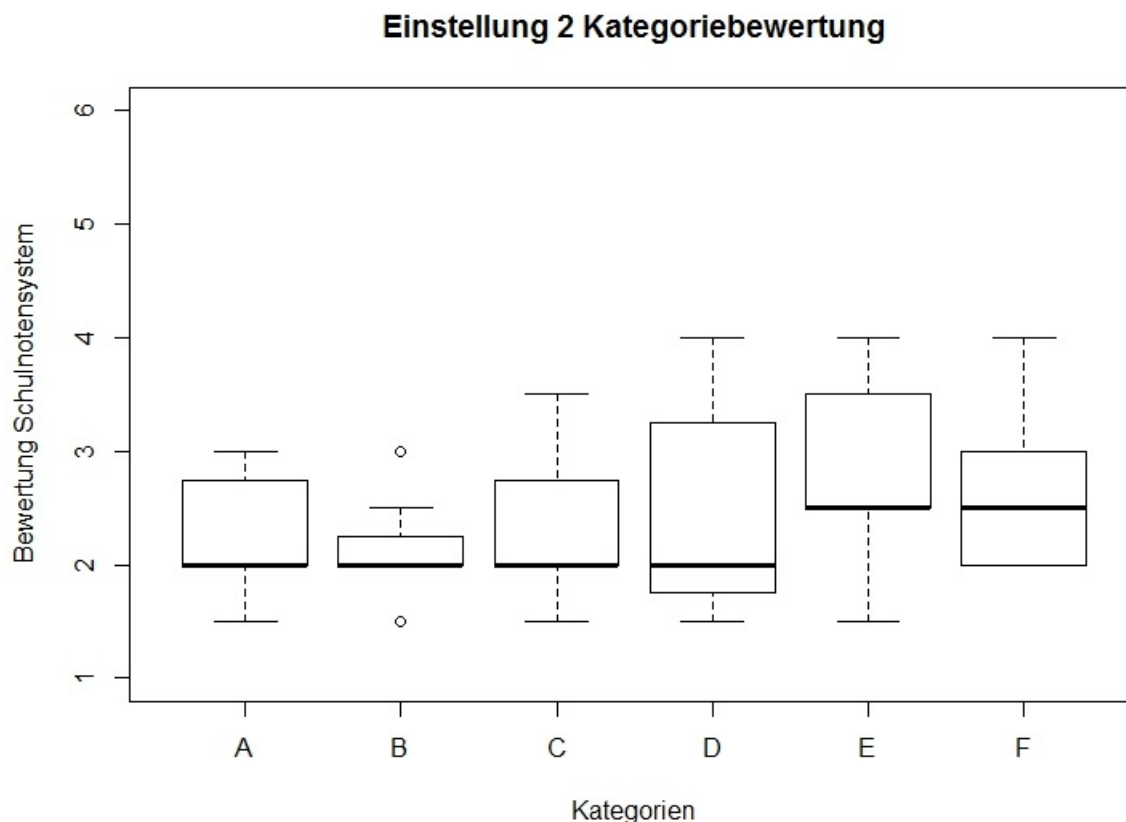


Abbildung 16: Das Boxplotdiagramm zeigt die Auswertung für Einstellung 2 für die Kategoriebewertung aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer nach einer Tragephase von zwei Wochen. Grafik 16 zeigt die Bewertung aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer für Einstellung 2 der einzelnen Kategorien. Die Kategorien wurden nach dem Schulnotensystem bewertet. Kategorie A, B, C und D wurden alle mit der Note 2 bewertet. Kategorie E und F wurden mit der Note 2,5 bewertet. Die kleinsten nicht extremen Werte (für Kategorie A, C, D, E) liegen im Mittel bei der Note 1,5, was gerundet einer 2 = gut entspricht. Die dem gegenüberstehenden größten nicht extremen Werte (für Kategorie A, C, D, E, F) können aus dem Diagramm im Mittel mit der Note 4,2 entnommen werden und entspricht gerundet der Note 4 = ausreichend.

Aus Abbildung 16 kann die Gesamtbewertung aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer für Einstellung 2 entnommen werden. Für Einstellung 2 wurden die Fragebögen nach dem gleichen Schema wie für Einstellung 1 ausgewertet. Die Fragebögen wurden gemeinsam nach der zweiwöchigen Testphase durchgearbeitet und mit Noten von 1-6, wobei 1= sehr gut und 6= ungenügend entspricht, in den verschiedenen Kategorien bewertet. Der Mittelwert für alle Kategorien liegt im Schnitt bei der Note 2,14, was nach dem Bewertungssystem gerundet der Bewertung

gut entspricht. Die kleinsten nicht extremen Werte (für Kategorie A, C, D, E) liegen im Mittel bei der Note 1,5, was gerundet einer 2 = gut entspricht. Die dem gegenüberstehenden größten nicht extremen Werte (für Kategorie A, C, D, E, F) können aus dem Diagramm im Mittel mit der Note 4,2 entnommen werden und entspricht gerundet der Note 4 = ausreichend. Für Kategorie B sind dem Diagramm 2 Ausreißer- Werte zu entnehmen, sowohl für eine gute Bewertung mit der Note 1,5 und eine tendenziell schlechtere Bewertung mit der Note 3,0.

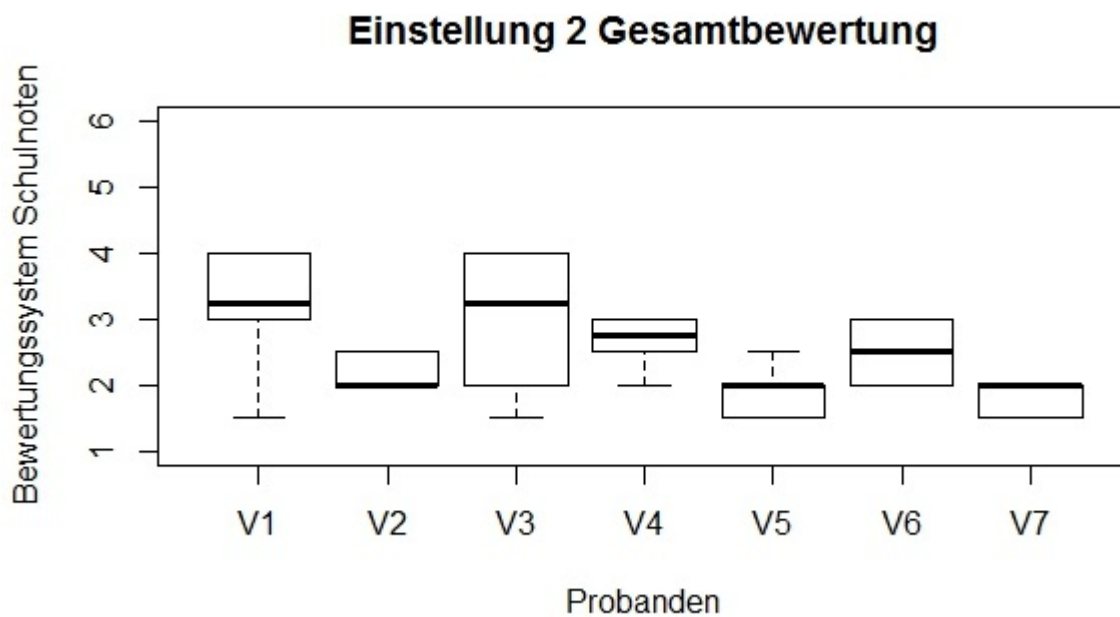


Abbildung 17: Einstellung 2 Gesamtbewertung des Hörsystems nach einer Tragephase von zwei Wochen. V1-V7 entsprechen den sieben Teilnehmerinnen und Teilnehmern. Die Bewertung wurde nach dem Schulnotensystem vorgenommen und bezogen sich auf die Frage: „Was für eine Note bekommt das Hörsystem zusammenfassend“ V2, V5 und V7 bewerteten Einstellung 2 im Gesamten mit der Note 2, V1 und V3 bewerteten mit der Note 3,2, V4 bewertete mit der Note 2,8. V5 bewertete das Hörsystem mit der Note 2,0 und V6 bewertete mit der Note 2,5. Im Schnitt bewerteten die sieben Teilnehmerinnen und Teilnehmer das Hörsystem in Einstellung 2 mit der Note 2,6, was gerundet der Note 3 = befriedigend entspricht. Für Teilnehmerin oder Teilnehmer V1 und V3 kann dem Diagramm für die kleinsten nicht extremen Werte jeweils die Note 1,5 entnommen werden. Teilnehmerin und Teilnehmer V4 hat einen kleinsten nicht extremen Wert mit der Note 2,0 und Teilnehmerin oder Teilnehmer V5 hat einen größten nicht extremen Wert mit der Note 2,5.

Die Fragebögen wurden wie für Einstellung 1 nach dem gleichen Schema bewertet. Die Fragebögen besaßen einen zweiten Teil der sich der Gesamtbewertung für Einstellung 2 für alle Kategorien jeder einzelnen Teilnehmerin und jedes Teilnehmers widmete. Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die Frage „Was für eine Note bekommt das Hörsystem zusammenfassend“ gelegt. Die Bewertung fand mit dem Notensystem der Noten 1-6 statt, wobei 1= sehr gut und 6= ungenügend entspricht. Im Schnitt bewerteten die sieben Teilnehmerinnen und Teilnehmer das Hörsystem in Einstellung 2 mit der Note 2,6, was gerundet der Note 3 = befriedigend entspricht. Für Teilnehmerin oder Teilnehmer V1 und V3 kann dem Diagramm für die kleinsten nicht extremen Werte jeweils die Note 1,5 entnommen werden. Teilnehmerin und Teilnehmer V4 hat einen kleinsten nicht extremen Wert mit der Note 2,0 und Teilnehmerin oder Teilnehmer V5 hat einen größten nicht extremen Wert mit der Note 2,5.

#### 4.2.3 Oldenburgersatztest

Die Auswertung des Oldenburgersatztests erfolgt über die Ergebnisse des Signalrauschabstandes [SNR in dB] der sowohl positive als auch negative Werte aufweisen kann. Der nachfolgenden Abbildung 18 kann dem Boxplot Diagramm entnommen werden, dass der SNR mit den eignen Geräten einen Wert von -0,07 dB hat und im kleinsten und größten nicht extremen Wert eine Streuung von -1,3 dB und +1,8 dB besitzt. Für die Testgeräte lag der SNR nach zwei Wochen Tragephase im Schnitt für Einstellung 2 bei -2,14 dB. Im Vergleich zu den eignen Hörsystemen entspricht dies einer Differenz von -2,07 dB.

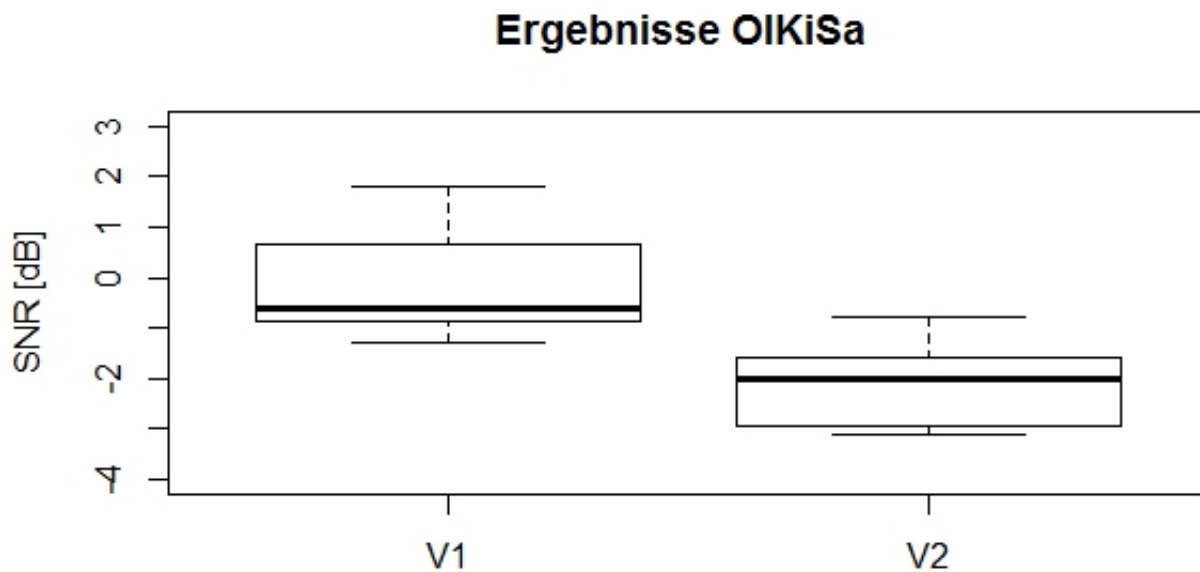


Abbildung 18: Oldenburgerkindersatztest: Auswertung (V1= eigene Hörsysteme; V2= Testgeräte Naida UP 90) Im Vergleich mit den eigenen Hörsystemen zu Beginn der Studie und mit den Testgeräten nach zwei Wochen Tragephase. V1 zeigt die Ergebnisse aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit den eigenen Hörsystemen zu Beginn der Studie. Im Mittel weist der SNR für V1 -0,07 dB auf. Dabei liegen die kleinsten und größten nicht extremen Werte bei -1,3 dB und +1,8 dB. V2 steht für die Ergebnisse aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit den Testgeräten nach zweiwöchiger Testphase und liegt im Schnitt bei -2,14 dB. Der kleinste nicht extreme Wert liegt bei +0,1 dB. Der größte nicht extreme Wert liegt bei -3,1 dB. Im Vergleich zu den eignen Hörsystemen entspricht dies einer Differenz von -2,07 dB.

Der Vergleich zwischen dem Oldenburger Kindersatztest für Einstellung 1 und Einstellung 2 weist folgendes Ergebnis auf: Einstellung 1 zeigt im Mittel die Bewertung durch alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer den SNR Wert von -2,34 dB auf. Die nicht extremen kleinsten und größten Werte liegen bei -1,1 dB und -3,8 dB. Einstellung 2 zeigt im Mittel die Bewertung durch alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer den SNR Wert von -2,14 dB auf. Die kleinsten und größten nicht extremen Werte liegen bei +0,1 dB und -3,1 dB. Die Differenz im Mittel zwischen Einstellung 1 und Einstellung 2 liegt somit bei 0,2 dB. Die Differenz für die kleinsten nicht extremen Werte liegt bei 1,2 dB und für die größten nicht extremen Werte bei 0,7 dB. Einstellung 2 schneiden beim Oldenburger Kindersatztest stets besser ab.

## 5 Diskussion

Ziel dieser Arbeit war, herauszufinden ob zusätzlich zum eingestellten CV von 2,5:1 definierte Grenzfrequenzen die in zwei Frequenzbänder eingeteilt wurden weiteren Einfluss auf das Sprachverstehen und den allgemeinen Tragekomfort eines hochgradig schwerhörigen Hörsystemträgers haben können. Wie Heissler bereits aus Ihrer Studie ableiten konnte, können Hörsystemträger durch eine Tieftonkompression mit dem Frequenzband von 160 - 800 Hz in vielen Hörsituationen profitieren. Des weiteren kann aus der Studie von [Verschuure et al., 1996] ebenfalls die Aussage übernommen werden, dass durch eine kompressiv verstärkende Einstellung im Tieftonbereiche das Sprachverstehen im Störgeräusch positiv beeinflusst werden kann. Auch in der vorliegenden Studie kam man zu dem Ergebnis, dass durch die zusätzlichen Einteilungen der Frequenzbänder keine Nachteile für den Hörsystemträger hervor gehen. Unter Berücksichtigung der wenigen Teilnehmerinnen und Teilnehmer kann statistisch keine signifikante Aussage getroffen werden. Dennoch wiesen sowohl die Studie von Heissler, als auch die vorliegende Studie Tendenzen auf, dass eine Tieftonkompression und zusätzliche Grenzfrequenzen einen positiven Einfluss auf das Sprachverstehen und den allgemeinen Tragekomfort haben können. Vorliegende Studie weist die Tendenz zur Einstellung 1 auf die die Frequenzbänder von 160 - 800 Hz zusammenfasst. Die Annahme kann durch verschiedenen Faktoren erklärt werden. Zum einen ist die Annahme, dass eine Tieftonkompression mit Grenzfrequenzen eines breiteren Frequenzbandes wie in Einstellung 1 von 160 - 460 Hz für die Störgeräuschunterdrückung förderlich ist. Da die Störgeräusche sich hauptsächlich im Tieftonbereich befinden. Zum anderen befinden sich die meisten energiereichen Vokale der Sprache im Tieftonbereich wie man der Sprachbanane entnehmen kann. Ein Hörsystem das ohne Tieftonkompression bei einer hörgeschädigten Person die ein Defizit im Tieftonbereich aufweist angepasst wird, verstärkt den Tieftonbereich im gleichen Maße wie den Hochtonbereich. Werden die energiereichen Vokale also nicht komprimiert treten sie in der Sprache dominanter hervor und werden überverstärkt. Mit der Tieftonkompression kann dem entgegengewirkt werden, da durch die Kompression auch die Vokale komprimiert werden, die Dominanz wird heraus genommen und Vokale und Konsonanten werden in etwa in gleichem Maße verstärkt. Die prägnanteste Rolle hierbei könnten auch die Grundfrequenzen der menschlichen Stimme spielen. Zur Veranschaulichung dient die folgende Grafik.

### Grundfrequenzen der menschlichen Stimme

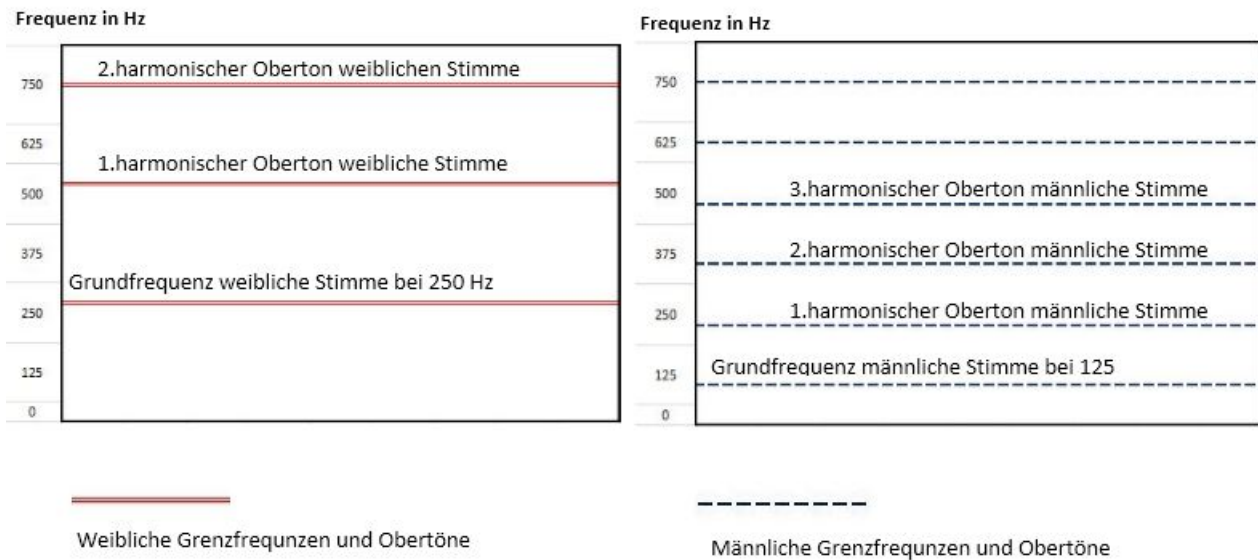


Abbildung 19: Abbildung 19 zeigt beispielhaft die Grundfrequenzen der menschlichen Stimme. Dabei weisen die weibliche und männliche Stimme Unterschiede auf. Die weibliche Stimme hat ihre Grundfrequenz bei etwa 250 Hz. Des weiteren ist ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz ein harmonischer Oberton, somit liegt der 1. harmonische Oberton der weiblichen Stimme bei 500 Hz und der 2. harmonische Oberton bei 750 Hz usw. Die Grundfrequenz der männlichen Stimme liegt bei 125 Hz und besitzt ebenfalls jeweils um ein ganzzahliges Vielfaches harmonische Obertöne. Somit findet sich bei 250 Hz der erste harmonische Oberton wieder, bei 375 Hz der 2. harmonische Oberton usw.

Die Grenzfrequenzen der weiblichen und männlichen Stimme weisen Unterschiede auf, dennoch befinden sich jeweils die Grundfrequenzen als auch die 1. bis 3. harmonischen Obertöne (harmonische Obertöne sind immer ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz und schwingen stets mit der Grundfrequenz mit) im Tieftonbereich. Die Annahme ist, dass Aufgrund der Tatsache dass die Grundfrequenzen unsere menschlichen Stimmen im niederfrequenten Bereichen angesiedelt sind durch Tieftonkompression bei hochgradig Tieftonhörgeschädigten Sprache besser hervorgehoben wird.

#### 5.0.4 Oldenburgerkindersatztest

Besonders positiv fällt dabei die Verbesserung des SNR auf, der das Ergebnis aus dem OlKiSa liefert. Da das Augenmerk besonders bei Kinderversorgungen immer auf das bestmögliche

Sprachverstehen abzielt sind die Auswertungen des OlKisas besonders wichtig und mit höchster Priorität von allen Testverfahren zu betrachten. Vergleicht man den Durchschnitt der SNR-Werte ist eine deutliche Verbesserung in beiden Einstellungen sichtbar. Auch in der Arbeit von Heissler wurde diese Tendenz bereits festgestellt. Aus dem Vergleich der beiden Einstellungen kann die Tendenz ermittelt werden, dass Einstellung 1 im Mittel noch bessere SNR- Werte aufweist als Einstellung 2. Dieses Ergebnis spiegelt auch die Allgemeine Bewertung des Hörsystems wider, da die subjektive Bewertung der Einstellungen deutlich eine Tendenz für die Einstellung 1 aufwies.

### **5.0.5 Fragebögen**

Die subjektive Auswertung der Fragebögen zeigt deutlich eine Tendenz zu Einstellung 1. Im Schnitt hat Einstellung 1 in allen Kategorien besser abgeschnitten. Einstellung 1 und Einstellung 2 im Vergleich der Kategoriebewertungen zeigen auf den ersten Blick keinen großen Unterschied in den Mittelwerten, betrachtet man allerdings die Streuung des Interquartilsabstands und die Ausreißer sind die Werte für Einstellung 2 schlechter. Im Hinblick auf die Gesamtbewertung trifft die gleiche Aussage wie über die Kategoriebewertung der beiden Einstellungen zu. Zu den gestellten Fragen aus den Fragebögen wurde mit allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern abschließend ein Gespräch geführt in dem offene Fragen gestellt wurden und allgemein über das Hörsystem diskutiert wurde. Auch aus diesen Aussagen war zu filtern, dass subjektiv die Einstellung 1 besser war. Die Art der Auswertung der Ergebnisse über Fragebögen, die durch Suggestivfragen keinen Raum zur individuellen Interpretation lassen gestalten sich sehr schwierig, zumal der Klang bei jedem Hörsystemträger individuellen Bedürfnissen zugeschnitten werden muss und zum anderen ist die Bewertung zu subjektiv um anhand eines Fragebogens mit Schulnotensystem ein aussagekräftiges Ergebnis zu treffen. Jedoch scheint der Fragebogen mit den gezielten Fragen vorerst die einfachste Lösung um einen knappen zusammenfassende Eindruck über die Klangqualität und den Tragekomfort zu erfassen. Dadurch können durchaus auch die zum Teil großen Streuungen oder Ausreißer in den Bewertungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer erklärt werden. Im Schnitt bewerten sie die Testgeräte ganz gut, jedoch sind sie nicht in allen Kategorien gleich zufrieden.

### **5.0.6 Diskussionsrunde zum allgemeinen Tragekomfort mit offenen Fragen**

Nach der zweiwöchigen Testphase wurden zwei besonders erfahrene Hörsystemträger in einer offenen Diskussionsrunde gebeten Aussagen über das Testgerät im Allgemeinen und über den



Tragekomfort zu tätigen. Würdest du dieses Gerät im Alltag tragen?, könntest du dir vorstellen in deiner präferierten Einstellung das Testgerät gegen dein eigenes auszutauschen? Es kam beides mal klar die Antwort dass der Tausch nur dann statt finden würde, wenn das Gerät weiterhin testgetragen werden kann und in den ersten Tagen und Wochen auf die Bedürfnisse feiner eingestellt wird. Zudem war die Aussage beider Teilnehmerinnen und Teilnehmer, dass sie den Unterschied in der Klangqualität durch die besserer Verstärkung positiv bewerten, aber eine Gewöhnungsphase dringend notwendig sei, um sich an den Unterschied der eigenen Geräte zu den Testgeräten zu gewöhnen. Sie schlugen vor das nächste Mal vor beginn der eigentlichen Studie die Testgeräte mit individuell eingestellter Verstärkung auf die Hörkurve ohne die spezielle kompressive Verstärkung für ein paar Tage zur Eingewöhnung test zu Tragen, um dann mit der eigentlichen Studie zu beginnen. Dieser Vorschlag erscheint durchaus als sehr Sinnvoll und wäre bei Weiterführung der Studie zu empfehlen.

## 6 Fazit

Das Fazit der vorliegenden Studie hat wichtige Erkenntnisse für die Anpassung mit Tieftonkompression und Grenzfrequenzen von Hörsystemen bei hochgradig schwerhörigen Kindern und Jugendlichen gebracht. Um aber ausschlägige Aussagen machen zu können müssen weitere Studien durchgeführt werden und über einen deutlich längeren Tragezeitraum erfasst werden.

Wie schon in der Diskussion erwähnt sind die Kinder und Jugendlichen sehr erfahrene Hörgeräte träger was das Arbeiten unheimlich erleichtert, da die Programmierung von Hörsystemen mit kompressiven Einstellungen für einen Hörsystemträger nicht ohne bemerkbare „folgen“ ist. Es ist immer ein Eingriff in die Verarbeitungsprozesse des Hörsystems und kann sich somit subjektiv unerwartet negativ oder auch positiv im Klang des Gerätes bemerkbar machen. Deshalb ist an dieser Stelle unbedingt zu erwähnen, dass die Studie im Bereich Tieftonkompression im Allgemeinen unbedingt weiter geführt werden muss, um Aussagekräftige Ergebnisse und Interpretationen treffen zu können. Die Testphase von zwei Wochen ist schlicht und ergreifend zu kurz. Um statistisch signifikante Aussagen zu treffen und es müssen mehr Teilnehmerinnen und Teilnehmer als Testpersonen zur Verfügung stehen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es sinnvoll ist Tieftonkompression im Zusammenhang mit Grenzfrequenzen zu nutzen. Unter Berücksichtigung der wenigen Teilnehmerinnen und Teilnehmer kann aus den Ergebnissen trotzdem entnommen werden, dass eine Einstellung der tieferen Frequenzbänder zwischen 160 - 460 Hz ein besserer Hörerfolg erkennen lässt. Dies kann aus den Ergebnisse der Testverfahren

entnommen werden. Der Oldenburger Kindersatztest und auch die ABK sind ein gutes Indiz für den Hörerfolg mit den Testgeräten für Einstellung 1. Um diese Aussage statistisch zu bestätigen sollten in Zukunft weitere Studien mit dieser Einstellung statt finden. Mit deutlich längeren Testphasen und mehr Teilnehmerinnen und Teilnehmern.

## 7 Danksagung

Besonderen Dank möchte ich Frau Prof. Dr. Annette Limberger aussprechen. Sie übernahm die Erstbetreuung und unterstützte mich durch hilfreiche Ratschläge und Anregungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken die mich in der schwerhörigen Schule St. Josef tatkräftig unterstützt haben, damit dieses Projekt statt finden kann. Ein besonderer Dank geht an dieser Stelle an Herrn Hinderer der das Projekt ermöglicht hat

Mein besonderer Dank gilt der herzlichen und hilfreichen Unterstützung durch Herrn Hoffmann der mir vor Ort bei Fragen stets zur Seite stand

Weiterhin bedanke ich mich bei allen Schülerinnen und Schülern, die sich für diese Studie zur Verfügung gestellt haben, ohne diese Teilnahme hätte die Studie nicht statt finden können

Ein weiterer Dank geht an die Firma Phonak für die Bereitstellung der Hörsysteme

Von ganzem Herzen bedanke ich mich

bei meinen Eltern (Sylwia und Pawel Pretki), die mich in meiner Ausbildungszeit stets finanziell und mental unterstützt und somit diese Arbeit ermöglicht haben.

bei meiner Schwester und ihrem Lebensgefährten (Karolina Pretki und Kewin Wiredu) für stetige konstruktive Kritik und hilfreiche Anregungen.

Während meines ganzen Studium und besonders während der Phase der Anfertigung meiner Bachelorthesis standen sie mir stets mit konstruktiver Kritik, Anregungen, aufbauenden und herzlichen Worten zur Seite. Diese Unterstützung haben diese Arbeit in entscheidendem Maße geprägt.

## Literatur

- J. Bamford, W. McCracken, I. Peers, and P. Grayson. Trial of a two-channel hearing aid (low-frequency compression-high-frequency linear amplification) with school age children. *Ear and hearing*, 20(4):290–298, 1999. ISSN 0196-0202.
- Andrea Bohnert, Myriel Nyffeler, and Annerose Keilmann. Advantages of a non-linear frequency compression algorithm in noise. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 267(7):1045–1053, 2010. ISSN 1434-4726. doi: 10.1007/s00405-009-1170-x.
- Heisler Ute. Auswirkung unterschiedlicher kompressionsverhältnisse im tieftonbereich auf die sprachverständlichkeit, verschiedener umgebungsgeräusche, sowie auf musik bei hochgradig schwerhörigen schulkindern. 2013.
- James M. Kates. Understanding compression: modeling the effects of dynamic-range compression in hearing aids. *International journal of audiology*, 49(6):395–409, 2010. ISSN 1708-8186. doi: 10.3109/14992020903426256.
- Jürgen Kießling, Birger Kollmeier, and Gottfried Diller. *Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten*. ... 21 Tabellen. Thieme, Stuttgart [u.a.], 2008. ISBN 978-3-13-106822-4. URL <http://swbplus.bsz-bw.de/bsz283250259kap-2.htm>.
- Marriage et al. Effects of three amplification strategies on speech perception by children with severe and profound hearing loss. - pubmed - ncbi. URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15692303>.
- S. Scollie. The desired sensation level multistage input/output algorithm. *Trends in Amplification*, 9(4):159–197, 2005. ISSN 1084-7138. doi: 10.1177/108471380500900403.
- Richard Seewald, Sheila Moodie, Susan Scollie, and Marlene Bagatto. The dsl method for pediatric hearing instrument fitting: historical perspective and current issues. *Trends in Amplification*, 9(4):145–157, 2005. ISSN 1084-7138.
- Sprachbanane. Sprachbanane, 19.01.2010. URL <https://notquitelikebeethoven.files.wordpress.com/2010/01/speech-banana1.jpg>.

Jens Ulrich and Eckhard Hoffmann. *Hörakustik*. Theorie und Praxis. DOZ-Verl, Heidelberg, 2011. ISBN 978-3-942873-00-0. URL <http://d-nb.info/1012816621/04>.

J. Verschuure, A. J. Maas, E. Stikvoort, de Jong, R M, A. Goedegebure, and W. A. Dreschler. Compression and its effect on the speech signal. *Ear and hearing*, 17(2):162–175, 1996. ISSN 0196-0202.

K. C. Wagener, T. Brand, and B. Kollmeier. *Entwicklung und Evaluation eines Satztests in deutscher Sprache III: Evaluation des Oldenburger Satztests*. Heidelberg, 38 edition, 1999.

K. C. Wagener, T. Brand, and B. Kollmeier. Evaluation des oldenburger kinder-reimtests in ruhe und im störgeräusch. *HNO*, 54(3):171–178, 2006. ISSN 1433-0458. doi: 10.1007/s00106-005-1304-4.

## 8 Anhang

- Datenblatt Phonak Naida Q

# Phonak Naída Q

## Produktinformation



Phonak Naída Q ist das umfassende, Power-Portfolio – erhältlich in drei Gehäuseformen und vier Leistungsstufen. Phonak Naída Q bietet herausragende Leistung in allen Leistungsstufen – mit verschiedenen Funktionen, die alle auf der Binauralen VoiceStream Technologie™ basieren und speziell für ein besseres Hören in anspruchsvollen Hörsituationen entwickelt wurden. Das Phonak Naída Q Portfolio gibt es in allen neuen, attraktiven Phonak Quest Farben.

Weitere Informationen finden Sie auf [www.phonakpro.com](http://www.phonakpro.com)

# Produktbeschreibung



Phonak Naída Q-RIC  
(Q90/Q70/Q50/Q30)



Phonak Naída Q-SP  
(Q90/Q70/Q50/Q30)

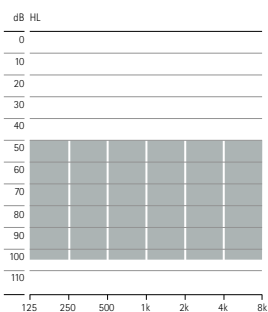


Phonak Naída Q-UP  
(Q90/Q70/Q50/Q30)

		xSP plus	xP	xS	HE7	HE7 680	Power SlimTube	HE7	HE7 680	Power SlimTube
Max. Ausgangsschalldruck (dB SPL)	2cm <sup>3</sup>	133	126	112	140	133	140	142	135	142
	Ohrsimulator	137	132	121	141	138	141	144	139	144
Max. Verstärkung (dB)	2cm <sup>3</sup>	65	55	45	75	68	75	82	75	82
	Ohrsimulator	72	65	56	80	73	80	85	80	85
Frequenzbereich (Hz)	2cm <sup>3</sup>	<100 - 5100	<100 - 6200	<100 - 8900	<100 - 6400	<100 - 6400	<100 - 6400	<100 - 4900	<100 - 4900	<100 - 4900
Batterietyp		13	13	13	13	13	13	675	675	675
Betriebsstrom (mA)		1.4	1.3	1.2	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5
Drucktaste (Programme/Lautstärke)		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Lautstärkeregler					•	•	•	•	•	•
Telefonspule		•	•	•	•	•	•	•	•	•
EasyPhone		•	•	•	•	•	•	•	•	•
IP rating: IP67 <sup>1</sup>		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Digitaler Audio-Eingang (DAI)		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Hörwinkel					•	•	•	•	•	•
Power SlimTube					•	•	•	•	•	•
xReceiver (Ex-Hörer)		•	•	•						
Kindersicheres Batteriefach		•	•	•	•	•	•	•	•	•

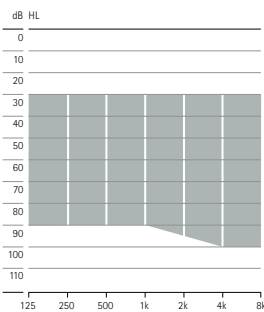
## Anpassbereich

Phonak Naída Q-RIC  
SuperPower plus xReceiver (xSP)



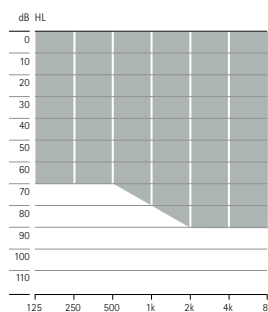
Mittel- bis hochgradiger Hörverlust,  
alle audiometrischen Konfigurationen.

Phonak Naída Q-RIC  
Power Receiver (xP)



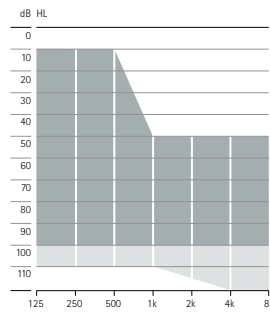
Leichter bis starker Hörverlust, alle  
audiometrischen Konfigurationen.

Phonak Naída Q-RIC  
Standard Receiver (xS)



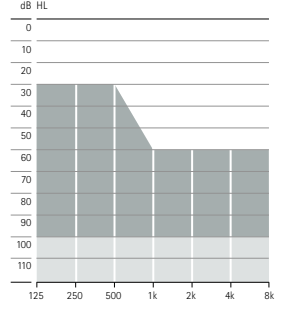
Leichter bis starker Hörverlust, alle  
audiometrischen Konfigurationen.

Phonak Naída Q-SP



Mittel- bis hochgradiger Hörverlust,  
alle audiometrischen Konfigurationen.

Phonak Naída Q-UP



Starker bis hochgradiger Hörverlust,  
alle audiometrischen Konfigurationen.

Power SlimTube Hörwinkel/Minihörwinkel

<sup>1</sup> IP67 bedeutet, dass das Hörgerät weder nach 8 Stunden in der Staubkammer, noch nach 30-minütigem Eintauchen in 1 m tiefes Wasser (gemäß IEC60529) beschädigt wurde. Es konnten keine Staubschichten im Gehäuse gefunden werden.

# Gehäusefarben

## Haar- und Hautfarben



P1  
Sand Beige



P2  
Amber Beige



P3  
Sandelholz



P4  
Kastanie



P5  
Champagner



P6  
Silbergrau



P7  
Graphitegrau



P8  
Samtschwarz

## Mode-Farben




P9  
Rubin




Q1  
Petrol


## Trend-Farben



13  
Pure transparent



38  
Violett transparent



37  
Blau transparent

## Traditional



01  
Beige

# Anpassung

Software	Phonak Target™ 3.1 oder neuere Version
Schnittstellen	iCube, NOAHLink, HI-PRO, HI-PRO 2













# Akustische Ankopplungen

Hörwinkel / SlimTube	Hörwinkel	Als gedämpfter (HE7 680), ungedämpfter (HE7) und Minihörwinkel (mini hook HE7 680)
xReceiver	Power SlimTube	Für rechts/links und in fünf verschiedenen Längen (00, 0, 1, 2, 3)
	Länge	Erhältlich in vier verschiedenen Längen (0, 1, 2, 3)
	Dome	Offener Dome In drei Grössen (S, M, L) erhältlich
		Geschloss.Dome In drei Grössen (S, M, L) erhältlich
		Power Dome In drei Grössen (S, M, L) erhältlich
	SlimTip*	Hartes Material
		Weiches Material
		Hartes Material
	cShell*	Weiches Material

\*Optional als Extra-Länge erhältlich



# Phonak Wireless Communication Portfolio

Digitales Wireless Zubehör	Phonak Naída Q-RIC (Q90/Q70/Q50/Q30)	Phonak Naída Q-SP (Q90/Q70/Q50/Q30)	Phonak Naída Q-UP (Q90/Q70/Q50/Q30)
 Phonak PilotOne	•	•	•
 Phonak ComPilot	•	•	•
 Phonak TVLink S¹	•	•	•
 Phonak RemoteMic¹	•	•	•
¹ Phonak ComPilot erforderlich			
Roger / Dynamic FM Empfänger	Phonak Naída Q-RIC (Q90/Q70/Q50/Q30)	Phonak Naída Q-SP (Q90/Q70/Q50/Q30)	Phonak Naída Q-UP (Q90/Q70/Q50/Q30)
 Roger 10 / ML10i			•
 Roger 11 / ML11i		•	
 Roger 15 / ML15i	•		
 Roger X / MLxi & AS10			•
 Roger X / MLxi & AS11		•	
 Roger X / MLxi & AS15	•		
 Roger X / MLxi & Phonak ComPilot	•	•	•
 Roger MyLink / MyLink+	•	•	•

Weitere Informationen zu den Roger-Sendern finden Sie auf [www.phonakpro.com/roger](http://www.phonakpro.com/roger)

# Hauptfunktionen

## Speech in Wind

Speech in Wind ist eine binaurale Funktion zur signifikanten Verbesserung der Sprachverständlichkeit und des Hörkomforts in Situationen, in denen Windgeräusche das eine Ohr mehr beeinträchtigen als das andere. In solchen asymmetrischen Situationen wird das Signal mithilfe der Binauralen VoiceStream Technologie™ von der besseren Seite auf die beeinträchtigte Seite übertragen. Speech in Wind lässt alle Frequenzen oberhalb 1500 Hz unberührt und sichert so die Sprachverständlichkeit und den Hörkomfort. Außerdem bleiben die für die Lokalisierung erforderlichen räumlichen Signale erhalten. Speech in Wind ist als manuelles Programm aktivierbar.

## auto StereoZoom

Verglichen mit konventioneller Richtmikrofontechnologie verbessert StereoZoom die Sprachverständlichkeit in lauten

Umgebungen um bis zu 2,5 dB SNR. Es ist das einzige binaurale Richtmikrofonsystem der Branche, das ein bidirektionales Netzwerk aus vier Mikrofonen schafft und jetzt auch automatisch in SoundFlow integriert ist. auto StereoZoom wird aktiv, sobald eine Situation als "Verstehen im lauten Störgeräusch" erkannt wird. Durch den eingegengten Aufnahmefokus werden die Störgeräusche reduziert und die Konzentration auf eine einzelne Stimme in der Menschenmenge ermöglicht.

## DuoPhone

DuoPhone verbessert den Signal-Rausch-Abstand und ermöglicht damit eine bessere Hörqualität beim Telefonieren. Bei einem Telefonat wird das Telefonsignal verstärkt und gleichzeitig mit Hilfe der Binauralen VoiceStream Technologie™, auf das andere Hörgerät übertragen, sodass die Stimme des Anrufers in beiden Ohren zu hören ist.

# Leistungsstufen

	Premium (Q90)	Advanced (Q70)	Standard (Q50)	Essential (Q30)
Speech in Wind •	•			
auto StereoZoom •	•			
StereoZoom •	•	•		
auto ZoomControl •	•			
ZoomControl •	•	•		
DuoPhone •	•	•	•	
UltraZoom	Premium	Advanced	Standard	Essential
SNR-Boost	•	•		
FlexControl	•			
FlexVolume	•	•		
SoundRecover	•	•	•	•
SoundFlow	5	3	2	
Real Ear Sound	•	•		
Mikrofonautomatik				•
Kanäle	20	16	12	8
WhistleBlock	•	•	•	•
NoiseBlock	•	•	•	•
WindBlock	•	•		
EchoBlock	•			
SoundRelax	•	•		
QuickSync (wireless)	•	•	•	
Manuelle Programme	5	4	3	2
Streaming Programme	5	4	3	2
SelfLearning	•	•		
DataLogging	•	•	•	•
auto Akklimatisierung	•	•	•	•
Drahtlose Anpassung	•	•	•	•
Phonak CROS Kompatibilität	•	•	•	

• Binaurale VoiceStream Technologie™

---

# Life is on

Wir sind uns der Bedürfnisse derer bewusst, die sich auf unser Wissen, unsere Ideen und unsere Betreuung verlassen. Indem wir auf kreative Weise die Grenzen der Technologie durchbrechen, schaffen wir Lösungen, die Menschen darin unterstützen zu hören, zu verstehen und die reichhaltige Welt der Klänge zu erleben.

**Mühelose Interaktion. Grenzenlose Kommunikation.  
Leben ohne Kompromisse. Life is on.**

[www.phonakpro.com](http://www.phonakpro.com)

## 9 Erklärung

Erklärung „Ich versichere, dass ich die Thesis selbstständig verfasst, keine anderen, als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, sowie alle wörtlich oder sinngemäß übernommenen Stellen in der Arbeit gekennzeichnet habe. Die Arbeit wurde noch keiner Kommission zur Prüfung vorgelegt und verletzt in keiner Weise Rechte Dritter.“

Aalen, 27.09.2015

Ort , Datum